

63



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

COMISION NACIONAL DEL AGUA

"ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO Y VARIABILIDAD DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ACAPONETA, (1990-1993) NAYARIT."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

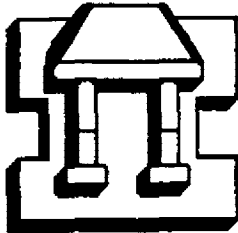
B I O L O G A
P R E S E N T A :

CLAUDIA MORALES SANCHEZ

NUMERO DE CUENTA: 8509413-0

GENERACION: 88-91

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. MARIO CHAVEZ ARTEAGA.



LOS REYES IZTACALA, EDO. DE MEXICO.

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



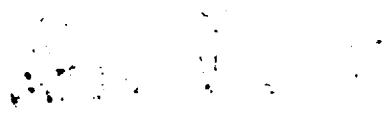
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Un viaje de miles de kilómetros se inicia con un simple paso.
Lao Tsu.**



Profesores que integran la comisión dictaminadora del presente trabajo de tesis.

M. en C. Gloria Vilaclara Fatjó

Biol. Mario Chávez Arteaga

Biol. Ana Lilia Muñoz Viveros

Biol. M^a Guadalupe Oliva Martínez

M. en C. M^a Pilar Villeda Callejas

DEDICATÓRIA.

ESTE TRABAJO ESTÁ DEDICADO A:

MI MADRE AURORA SÁNCHEZ BENÍTEZ

MI ABUELA SOFIA BENÍTEZ PATÍÑO

A LA MEMORIA DE MI ABUELO JOSÉ SÁNCHEZ MONTOYA Q.E.P.D.

MI PRIMO ANTONIO MARTIN ESTRADA SÁNCHEZ

Agradecimientos:

Al Biol. Mario Chávez Arteaga por brindarme la oportunidad de realizar la presente tesis mediante su dirección y orientación.

A la CNA, a la Gerencia Regional de Tepic, Nayarit. En especial a Ing Irma R. Sillas Meza, por el apoyo en la visita a la zona de estudio para la realización de este trabajo.

A los sinodales por la revisión del trabajo escrito y sus comentarios contribuyeron a mejorar el contenido y presentación final del mismo.

A los maestros que influyeron en mi formación académica y toma de decisiones.

A la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, por brindar el espacio y la posibilidad de aprender, conocer y convivir con el mundo universitario.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad de realizar estudios, prácticas de campo y de laboratorios; por todo lo que he podido aprovechar de ella.

A mis compañeros de grupo en la carrera, a Viridiana, Paty, Elizabeth, Rocio, Gaby, Pancho y Daniel. Por su apoyo, amistad y por escucharme.

A mis tíos por haberme cuidado y a mis primos por aguantarme.

A la gente que conocí en la elaboración de este trabajo, por su apoyo, enseñanzas y orientación. Gente que conocí en la CNA, Instituto de Ciencias de Mar y Limnología.

INDICE

Contenido.	Página.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. OBJETIVO GENERAL	4
3.1. OBJETIVOS PARTICULARES	4
4. ANTECEDENTES	5
5. ÁREA DE ESTUDIO	8
5.1. HIDROLOGÍA	8
5.2. GEOLOGÍA	9
5.3. SUELOS	11
5.4. CLIMA	11
5.5. VEGETACIÓN	12
5.6. FAUNA	13
5.7. SOCIECONÓMICO	14
5.7.1. AGRICULTURA	14
5.7.2. PESCA	14
5.7.3. MINERÍA	14
6. MÉTODO	15
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
7.1. PARAMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	19
7.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS	19
7.1.1.1.- TEMPERATURA	20
7.1.1.2.- TURBIEDAD	20
7.1.1.3.- SÓLIDOS	21
7.1.1.4.- SÓLIDOS SEDIMENTABLES	23
7.1.1.5.- COLOR	23
7.1.2. PROPIEDADES QUÍMICAS	23
7.1.2.1.- pH	23
7.1.2.2.- DUREZA	24
7.1.2.3.- OXÍGENO DISUELTO (OD)	26
7.1.2.4.- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	27
7.1.2.5.- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	27
7.1.2.6.- NITRÓGENO	28
7.1.2.7.- CLORUROS	30
7.1.2.8.- FÓSFORO	30
7.1.2.9.-SULFATOS	31
7.1.2.10.- ACEITES Y GRASAS	32
7.1.2.11.- SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM)	32

Contenido.

Página.

7.1.3. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS.....	33
7.1.3.1.- Coliformes Totales.....	33
7.1.3.2.- Coliformes Fecales.....	34
7.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINANTES.....	36
7.3. ANÁLISIS DEL RESULTADO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).....	39
8. CONCLUSIONES.....	43
9. BIBLIOGRAFÍA.....	45

Tablas y Figuras.

Contenido.	Página.
Tabla 1.- Localización de las estaciones de monitoreo para la cuenca.	15
Tabla 2.- Lista de parámetros y técnicas especificadas realizadas en los muestreos del Sistema de Información de calidad del Agua (SICA).	16
Tabla 3.- Valores de subíndice y peso de importancia para cada parámetro, en el cálculo del valor "Q".	18
Tabla 4 - Resultados de los estadísticos descriptivos para los parámetros físicos	19
Tabla 5a.- Resultados de los estadísticos descriptivos de los parámetros químicos.	24
Tabla 5b.- Resultados de los estadísticos descriptivos de los parámetros químicos	28
Tabla 6.- Estadísticos descriptivos de los parámetros bacteriológicos.	33
Tabla 7 - Valores límites de la calidad de agua potable a nivel nacional e internacional.	35
Tabla 8.- Análisis estadístico de discriminantes	36
Tabla 9.- Cuadro con los niveles de p calculada en el análisis de discriminantes.	36
Tabla 10.- Cuadro que muestra las variables pareadas	37
Tabla 11.- Resultados del análisis estadístico de discriminantes (coeficiente estandarizado para variables canónicas)	37
Tabla 12.- Índice de calidad para los muestreos realizados en el Río Acajoneta.	39
Tabla 13.- Índice de calidad promedio para los meses de muestreo realizados de 1990 a 1993 en el Río Acajoneta.	41
Tabla 14.- Escala de calificación general de la calidad de agua (León, 1991).	42
Figura 1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio y localización de las estaciones de muestreo en el Río Acajoneta, Nayarit, México	7
Figura 2.- Mapa con las descripciones de Clima, Vegetación y Suelo en la zona de estudio	10
Figura 3.- Gráfica obtenida del análisis de discriminantes y componentes principales.	38
Figura 4.- Índice de calidad del agua del río Acajoneta en todos los muestreos (1990-1993)	41
Figura 5.- Índice de calidad promedio de los meses de muestreo de 1990 a 1993 en el río Acajoneta.	42

1. RESUMEN

El presente estudio se enfocó en conocer la calidad del agua del río Acaponeta, utilizando para ello los datos de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos obtenidos del Sistema Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Los muestreos de 31 parámetros se realizaron bimestralmente en tres puntos del río durante los años de 1990, 1991, 1992 y 1993. Para determinar el comportamiento se calculó la variación y el promedio en los parámetros comparándolos con los criterios establecidos con la normatividad. De manera general, todos se encontraban bajo los límites señalados: (promedios) Temp: (27°, 27°, 29°C); Turb: (52, 44, 44); pH: (7.5, 7.5, 7.4); Sulfatos: (25, 26, 25); Cloruros: (15, 16, 16); Oxígeno disuelto: (9.3, 8.6, 8.5), DBO₅: (1.5, 2.0, 1.8); DQO: (21, 23, 22); Sol. Tot: (228, 477, 455); Fósforo total: (0.33, 0.34, 0.28); Ortofosfatos: (0.23, 0.23, 0.15); SAAM: (0.13, 0.12, 0.15). A pesar de las fluctuaciones, la dureza total y de calcio evidenció que las aguas pueden considerarse ligeramente duras. Las concentraciones de los compuestos nitrogenados indicaron que la carga que recibe de estos es asimilada en el río. Las concentraciones de estos compuestos, los sulfatos y las grasas y aceites fueron mayores en la tercera estación.

El 80% de los registros de los parámetros microbiológicos sobrepasaron los niveles permisibles. En coliformes totales y fecales, el promedio de las tres estaciones es muy superior a 1000 NMP/100ml y la concentración aumentó en la estación 3. Los datos mostraron gran cantidad de bacterias tanto autóctonas, como procedentes de contaminación fecal. El análisis de discriminantes mostró la marcada estacionalidad de los muestreos, claramente definidos en tres grupos: Julio y septiembre (época de lluvias), enero (temporada de nortes) y marzo, mayo y noviembre (secas). El índice de Calidad del agua calculado señaló que la pureza de la primera estación es de 36% a 72%, y el aprovechamiento en este punto requiere tratamiento en todos los casos. En el segundo sitio fue de 36% a 75% y su utilización en la industria y la agricultura necesita tratamiento en algunos casos. Para la tercera estación, la pureza fue de 36% a 83%, aceptable excepto para especies sensibles, y para contacto fue aceptable pero no se recomienda.

En el río Acaponeta influyó de manera notable las condiciones climáticas (calor y precipitación), como mostró la gran cantidad de sólidos y los registros de dureza ocasionados por el arrastre, la erosión, las descargas puntuales que originaron las concentraciones elevadas de los parámetros y de coliformes y la dilución de los contaminantes, dando evidencia de contaminación a lo largo del cauce.

2. INTRODUCCIÓN

El agua es el compuesto más abundante sobre la corteza terrestre, cerca del 97% del volumen total corresponde al agua de mar, el 2.25% es agua congelada de los glaciares y capas de hielo polares y el 0.75% restante se encuentra distribuida en el agua dulce de los lagos, ríos y lagunas (Sutton y Harman, 1986).

Los hábitats de agua dulce pueden ser considerados de forma adecuada en dos series: cuerpo de agua lénticos - con movimientos restringidos, como lagos, lagunas, charcas, etc.- y los cuerpos de agua lóticos - donde el flujo temporal es más importante, como en los ríos y arroyos - (Odum, 1997; Armengol, 1981).

México, que cuenta con una extensión cercana a los 2'000.000 de km², recibe una precipitación fluvial media anual de 780 mm, lo cual se traduce en un volumen de 1,560 km³ de agua. El 27% de la lluvia escurre por corrientes superficiales, generando una disponibilidad global del orden de 410 km³ de aguas en los ríos y arroyos. Otra parte de la lluvia se infiltra para recargar los acuíferos subterráneos, cuyo volumen de renovación anual - en una extensión de 470,000 km² - se estima en 31 km³; además, se estima en una reserva no renovable de 110 km³ de aguas fósiles (CNA, 1992).

Comparados con los de otras partes del mundo, los ríos de México ofrecen características peculiares, tanto por su origen como por su perfil o bien por la disposición de sus cauces. La importancia de cada uno de los ríos se aprecia, no solamente por el caudal de que dispone y por la amplitud del área de cuenca en que se ubica, sino por su aprovechamiento. De esta manera, cabe decir que los cauces más valiosos son los que favorecen la agricultura, ganadería e industria (Sánchez, 1971).

Existen en el país 218 cuencas hidrológicas que representan el 77% de la superficie del país, comprenden el 72% de la producción total industrial, el 98% de la superficie bajo riego y el 93% de la población existente (CNA, 1992).

La importancia de estudiar los fenómenos inherentes al aprovechamiento hidráulico recae en buena medida en aquellos asociados con el comportamiento de los cauces naturales o artificiales, abarcando también los efectos de las vías terrestres en las planicies fluviales y la protección de los terrenos adyacentes a los cauces naturales (Camargo, 1980).

El ciclo natural del agua y la actividad antropogénica dan como resultado un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas de los ríos. La calidad de un río puede ser expresada de muchas maneras, por ejemplo: composición química, población de peces y la vida de plantas e invertebrados sobre el lecho (Hamer *et al.* 1980); adicionalmente, es necesario definir la calidad del agua con relación al uso para el cual se requiere. La calidad se describe mediante indicadores relativos a la concentración de algunas sustancias orgánicas e inorgánicas, a las especificaciones y particularidades físicas. La clasificación de la calidad demanda métodos más integrados (Tebbutt, 1990).

El índice de calidad de agua es uno de los índices más ampliamente utilizados de todos los existentes. Se desarrolló en 1970 y puede usarse para medir los cambios de calidad en el agua de ríos determinados a lo largo del tiempo, comparando la calidad a partir de diferentes sitios en el río y; a veces, comparar la calidad del agua de diferentes ríos. El resultado puede ser también usado para determinar si la condición del río es saludable (Dojlido *et al.* 1994).

La medición sistemática de la calidad del agua de los principales ríos del país permite conocer sus características y predeterminar los posibles efectos de su contaminación, servir de base para clasificar las corrientes de acuerdo con los usos a que se destinen e implantar los requisitos para autorizar la descarga de aguas residuales (SARH, 1976).

En el río Acaponeta se sitúa el desarrollo hidroagrícola "Acaponeta-Cañas" Edo. Nayarit, en donde el agua resulta impactada de manera importante debido a que es empleada en la irrigación de las áreas de cultivo. En dicha obra se podrían generar efectos como son: los cambios en la calidad del agua, turbiedad por exceso de sedimentos, cambios en el oxígeno disuelto y la generación de aguas residuales que puedan contener fertilizantes y plaguicidas (Casas, 1990).

En dicho lugar, las descargas de retorno agrícola son actualmente la fuente más importante de degradación de la calidad del agua causada por los agroquímicos que se emplean para aumentar la productividad agrícola. Esto provoca el desequilibrio de los ecosistemas acuáticos por los contaminantes contenidos, que en este caso no sólo son de origen agrícola, sino también de tipo doméstico.

La prioridad del estudio del río Acaponeta se basa en que descarga sus aguas en el sistema Lagunar Agua Brava, el cual es de considerable riqueza pesquera y biológicamente sensible. De manera general, la importancia de estos estudios radica en que los resultados se utilizarán para comparar el grado de degradación con el de otros ríos, ya modificados por el hombre y para recomendar medidas que permitan su conservación, con el fin de reducir y evitar su contaminación.

3. Objetivo General:

- Conocer la calidad del agua del Río Acaponeta con relación a sus usos en tres diferentes puntos del río en los años 1990-1993.

3.1. Objetivos Particulares:

- Determinar los principales parámetros físico-químicos y bacteriológicos usados para el establecimiento del grado de contaminación en tres diferentes puntos del río Acaponeta en los años 1990-1993.
- Establecer el comportamiento temporal de los parámetros indicadores del grado de contaminación
- Determinar la calidad del agua del río con base en el Índice de calidad del Agua (ICA).

4. ANTECEDENTES

El desarrollo de Nayarit, como el de cualquier otro estado, se ha sustentado en los recursos disponibles, los cuales determinan su aprovechamiento.

El interés de estudiar la zona comienza con Barrera (1931), quien hace una descripción geológica generalizada de los proyectos mineros en el Estado de Nayarit y Jalisco. En 1959, "The Scripps Institution of Oceanography organizó un estudio de la geología, biología, geofísica y oceanografía del Golfo de California". Para este reconocimiento se seleccionaron diversas áreas para una investigación detallada, siendo una de ellas la costa de Nayarit; dentro de estos estudios, los geólogos Curray y Moore (1963 y 1964) describen la formación, estructura y historia de la Costa de Nayarit. En su trabajo de la zona consideraron los deltas como una parte integral e importante del cuerpo continental, siendo en el Pleistoceno cuando tienen mayor influencia los ríos de la región por la acumulación de sedimento en las áreas deltaicas; así mismo, detectaron que los minerales predominantes en los sedimentos del río son plutónico-metamórficos, 40% de augita¹ y 40% de epidota².

En 1965, Pérez realiza un estudio socioeconómico minero del estado de Nayarit, describiendo la geología del distrito minero Cucharas, localizado en la zona de Huajicori.

Cabe señalar que no sólo el recurso minero y geológico es importante, pues la zona cuenta con abundantes escurrimientos superficiales; consecuencia de ello se realizaban actividades agrícolas (dando origen a asentamientos humanos que tenían como principal actividad la agricultura). Esta situación de suelos ricos para los cultivos y el potencial hídrico permitió desarrollar procedimientos de cultivo tecnificado directamente relacionados con el río Acaponeta.

Estudios de azolves en el sistema, datos hidrométricos y climáticos son realizados por la SARH en su estación de Acaponeta situada en el río, registrando los resultados. Esta estación se encuentra trabajando desde 1945 en las mediciones hidrométricas y desde 1957 registrando azolves (o acarreo de sedimentos). La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH en 1981) realizó estudios climáticos, hidrológicos y topográficos en donde se consideró conocer la aptitud agrícola del sitio; el tipo de clima y la marcada estacionalidad de las lluvias motivó la decisión de embalsar las aguas del río (SARH, 1982). Estos estudios están contenidos en reportes técnicos propiedad de SARH.

¹ Augita.- Mineral formado por un silicato doble de cal y magnesia, brillante, de color verde oscuro o negro y textura cristalina, y que se halla enclavados en los basaltos.

² Epidota o Epidota.- Se forma fundamentalmente por metamorfosis de grado bajo a medio de rocas sedimentarias e ígneas ricas en calcio.

Las investigaciones biológicas realizadas en la zona no son numerosas, generalmente se refieren a objetivos particulares de algunas especies y los menos tratan sobre las características generales de ecosistemas cercanos como el de las lagunas costeras. De los trabajos efectuados se encuentran descripciones de la vegetación circundante y manglar (Rollet, 1974), de la laguna Agua Brava corrientes y mareas (Cepeda, 1977), de hidrología (Núñez 1972, Gómez 1977), de ecología (Tirado, 1976, Yáñez, *et al.* 1978). Núñez (1978) hace notar que el río Acaponeta tiene gran efecto sobre la naturaleza de la región y aporta grandes cantidades de sedimento a la línea de costa de Nayarit.

Posteriormente (1982), la SARH realizó el estudio de Factibilidad Técnica del proyecto Hidroagrícola Acaponeta-Cañas requerido para la construcción del sistema de riego, debido a la necesidad de controlar las avenidas y distribuir los gastos del río hacia terrenos aptos para la agricultura. De esta manera, se planeó el máximo aprovechamiento de los drenajes en sus trayectorias naturales (SARH, 1986) conforme a los fines de la Secretaría.

Más recientemente (1988) se establecieron tres sitios de muestreo a lo largo del cauce del río y, a partir de estos, la CNA (Comisión Nacional del Agua) - en su gerencia regional estatal - realiza periódicamente evaluaciones anuales de la calidad del agua. El estudio del agua se ha realizado en diferentes sistemas hidrológicos: La utilización de un índice para reportar la calidad es evidente en el trabajo de Andrade (1997), donde reporta la calidad del río Papaloapan; también Esparza (1996) utiliza el índice de la calidad del agua en su tesis enfocada en el Sistema Lerma-Santiago. En otros sistemas se han realizado estudios sistemáticos debido a problemas de contaminación, pero de la zona no se dispone de un estudio que incluya todos los parámetros que tienen registrados en las estaciones.

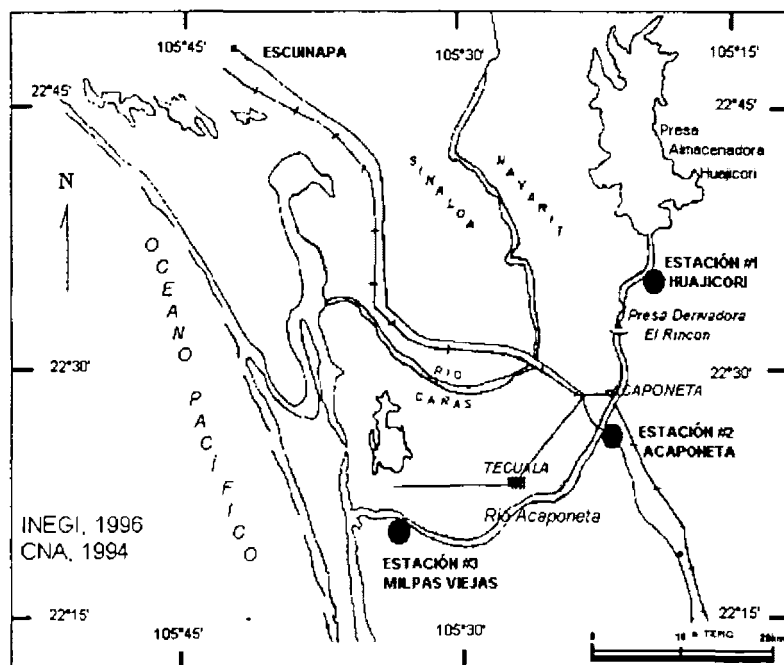


Figura 1.- Mapa de ubicación de la zona de estudio y localización de las estaciones de muestreos en el Río Acaponeta, Nayarit. México.

5. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Acaponeta se encuentra localizada en el estado de Nayarit entre las coordenadas 22°15' y 23°50' latitud Norte y 104°48' y 105°30' longitud Oeste: es una cuenca de forma alargada orientada sensiblemente de Norte a Sur, con un eje mayor de 160 km y un eje menor o anchura media de 35 km (Fig. 1). Limita al Norte con la cuenca alta del río Presidio, al Sur con las zonas de marismas y las lagunas de Agua Brava y Pescadero, al Oriente con la cuenca del río San Pedro y al Poniente con las cuencas del río Baiuarte y Cañas. (INEGI 1981 y 1994)

El río Acaponeta nace en el Estado de Durango, en la Quebrada de San Bartolo de la Sierra Madre Occidental, sigue su curso básicamente al sur-suroeste aguas abajo, internándose en lo que corresponde a la llanura Costera del Pacífico; 10 km antes de su desembocadura cambia de rumbo hacia el suroeste, perdiéndose en el Sistema Lagunar Agua Brava-Marismas Nacionales. (CETENAL y Casas 1990).

La delimitación del área de estudio abarca características ambientales, ecológicas y socioeconómicas. Es necesario considerar las variables aledañas al cuerpo, como aquellas que se originan río arriba y cuyos efectos son importantes: como los fenómenos climatológicos y las actividades económicas que se realizan en la zona.

5.1. HIDROLOGÍA

De acuerdo con la clasificación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH, 1978), este sistema fluvial se incluye dentro de la región hidrológica número 11, cuenca de los ríos Presidio-San Pedro.

Región Hidrológica: Presidio-San Pedro.

Cuenca: Río Acaponeta.

Subcuenca: Río Acaponeta.

Corriente superficial: Río Acaponeta.

La cuenca del Río Acaponeta tiene 5,092 km² de superficie, con un escurrimiento de 1,200 millones de m³ al año. La subcuenca del Río Acaponeta cubre una superficie aproximada de 1,786 km².

El río Acaponeta se encuentra en la vertiente exorreica del Pacífico. Se inicia a partir de una elevación de 1,600 m s.n.m., el lecho está cubierto de roca y cantos rodados, aquí la corriente tiene la capacidad máxima para erosionar y transportar material aguas abajo; dentro de Nayarit recorre en dirección norte-sur 75 km hasta cruzar el puente del ferrocarril SubPacífico a la altura de la estación Acaponeta. En la planicie costera o curso medio, la corriente es aún fuerte para acarrear la mayor parte del sedimento. A la altura del poblado de Acaponeta, el río cambia de curso hacia el poniente, continuando en esta dirección hasta que sus aguas desembocan después de 45 km en la albufera de Teacapan, conocida

en esta región con el nombre de Laguna de Mexcatitlan. En el curso bajo, el gradiente es pequeño y discurre sobre una ancha llanura aluvial divagando en meandros. El río Acaponeta tiene una longitud total de 233 km hasta la barra de Novillero, teniendo los últimos 40 km tan poca pendiente, que permite la navegación de canoas, incluso durante temporadas de secas.

El río Acaponeta tiene un caudal promedio de 2, 488 m³/seg anuales, lo cual permite abastecer la demanda que requieren los 53,890 has de suelos aptos disponibles en el sitio (C.N.A. 1990 y 1994).

5.2. GEOLOGÍA

El río Acaponeta transcurre por dos Provincias Geológicas: la primera es La Sierra Madre Occidental, y la segunda es la Llanura Costera del Pacifico, lo cual hace que los factores fisiográficos varíen a lo largo de su cauce. Por ello, la región está constituida por dos franjas de diferentes periodos del Cenozoico, que son: la franja de sierras corresponde al Terciario y en las partes bajas las playas, marismas, zonas de inundación y áreas planas donde predominan rocas ígneas extrusivas pertenecen al Cuaternario.

La primera franja (Terciario) se caracteriza por la presencia de rocas ígneas extrusivas ácidas con textura de grano fino, compuesta por feldespatos, cuarzos y plagioclasas sódicas, predominando en la zona de la sierra (Duchanfour 1984). En la composición litológica, para el caso de los suelos aluviales presentes, se observa que sus sedimentos son derivados principalmente de rocas volcánicas y volcánico clásticas, en la parte final las arenas que los constituyen están compuestos por micas, clastos de roca volcánica, cuarzo y conchas. En la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental correspondiente a la subprovincia de Pie de la Sierra, sobresalen las topomorfas de tipo Valle con lomeríos en las márgenes del río Acaponeta. Los lomeríos de tipo cóncavo se representan por una cadena de colinas de rocas ígneas ácidas localizadas entre el Cero fileño y Loma la atravesada (INEGI 1981 y 1983), (CNA 1993).

En la segunda franja (Cuaternario) se presentan suelos de tipo litoral, así como suelos palustres correspondientes a zonas de inundaciones, marismas y esteros. La zona de la llanura costera corresponde a aquellas partes formadas por los aluviones depositados del río Acaponeta en una amplia franja entre las localidades de Quimichis, Tecuala y Acaponeta. Los suelos de origen aluvial corresponden a una amplia zona de Tecuala y Acaponeta, contándose principalmente depósitos aluviales, lacustres y palustres, constituidos por arenas, limos y arcillas (Duchanfour 1984). Los suelos de origen aluvial, se asocian generalmente con luvisoles éútricos y gleycos, cambisol éútrico, crómicos, dísticos, húmicos y gleycos con feozem háplico y lúvico (INEGI 1981 y 1983), (CNA, 1993), (CRM, 1994).

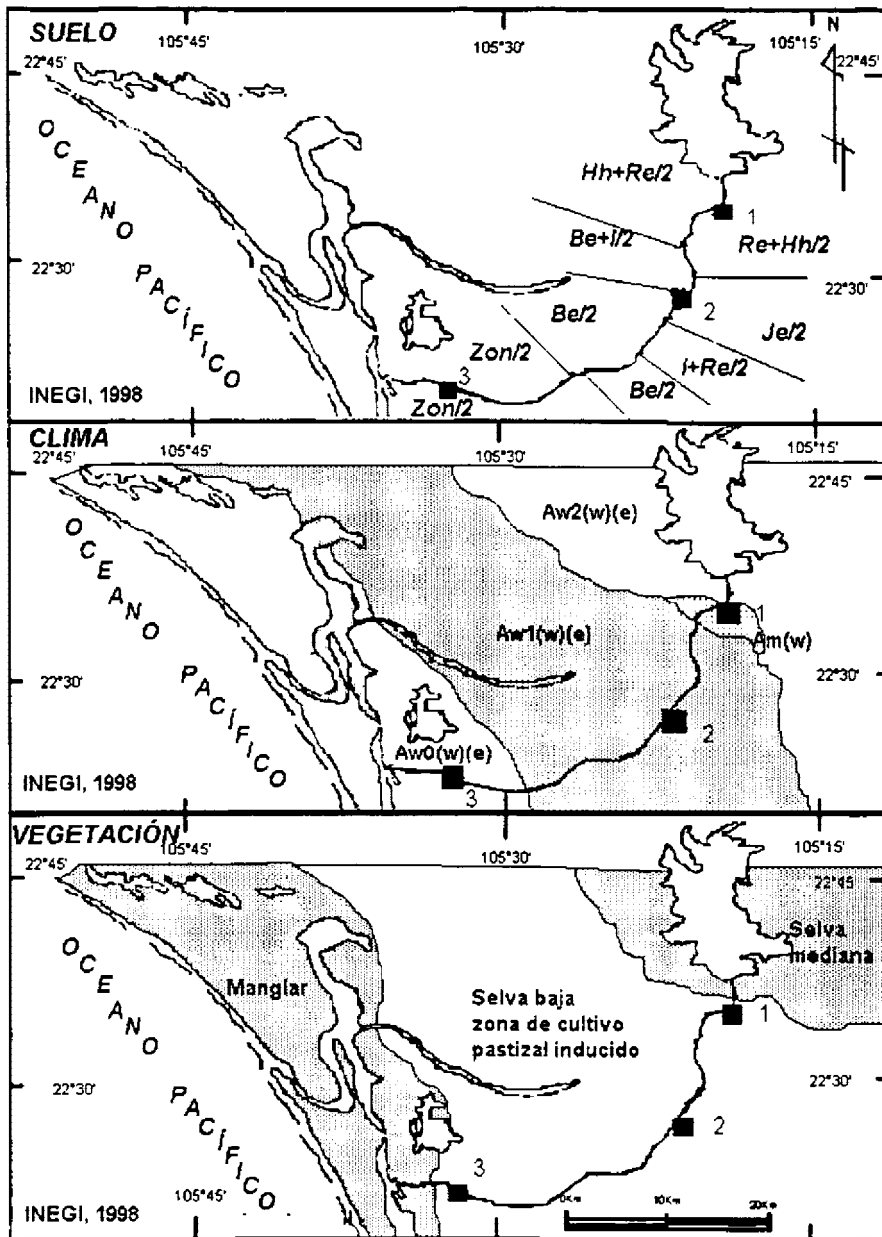


Figura 2.- Mapa con las descripciones de Clima, Vegetación y Suelo en la zona de estudio.

5.3. SUELOS

Se localizan a todo lo largo del río hasta su desembocadura el tipo fluvisol eútrico con textura gruesa o media en algunos recodos. En los márgenes del río (zonas aptas para el cultivo) tienen básicamente cambisol eútrico solo o asociado con fluvisol eútrico con textura media. Y en las zonas inundadas y marismas se presentan principalmente el Solonchak gleyco y takyrico con fase química sódica y textura fina y media. (INEGI 1981 y 1983). (Fig. 2)

5.4. CLIMA

Las características geomórficas que prevalecen en el estado hacen que el clima se modifique de acuerdo con los diversos relieves. Según la clave climatológica de Köppen modificada por García (1988), en la zona se presentan dos tipos de clima. (Fig. 2) El primero es del grupo cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 22°, con lluvias en verano y sequía en invierno con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5%; se presentan desde la parte oeste de la Sierra Madre occidental a la planicie costera, abarcando la mayor longitud del río. A lo largo del terreno se tiene tres subtipos:

Aw0(w)(e), de los más secos de los subhúmedos, con coeficiente P/T (precipitación total anual en mm sobre temperatura media anual °C) menor de 43.2 distribuyéndose a lo largo de la franja costera a partir de la localidad del palmar de Cuautla, sobre el estero del mismo nombre y el estero Teacapan, y tierra adentro hasta Tecuala, ampliándose hacia el norte (INEGI 1983 y García *et al.* 1990).

Aw1(w)(e), corresponde al cálido subhúmedo, con lluvias de verano, coeficiente P/T entre 55.3 y 43.2, lluvia invernal con respecto de la anual entre 5% y 10.2%, extremoso con oscilación entre 50 y 70%. La temperatura media anual en esta zona es de 24.8°C, registrándose en junio la mayor temperatura media mensual con 28.6°C y en enero la menor con 20.7°C. Con una precipitación media anual de 1,393.5 mm, la lluvia mensual máxima se tiene para julio con 400.2 mm y la mínima mensual es para febrero con 0 mm. Este clima se distribuye en la zona de Acaponeta (CNA, 1994).

Aw2(w)(e), el subtipo más húmedo de los subhúmedos, con un coeficiente P/T mayor de 55.3, extremoso, con oscilaciones entre 7° y 14°C, distribuido en una amplia franja que viene del sur, extendiéndose por la Sierra hasta Mineral de Cucharas (García *et al.* 1990).

El segundo de los tipos climáticos es Am(w). Es un clima del grupo de cálidos húmedos con temperatura media anual mayor de 22°C, del tipo húmedo, con lluvias intensas en verano que compensan la sequía de invierno; precipitación del mes más seco inferior a los 60 mm pero con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm. Se presenta en una pequeña franja alrededor de Huajicori (INEGI 1983 y García *et al.* 1990).

Debido a la ubicación geográfica del río, es importante señalar que la zona se ve afectada por huracanes que han pasado cerca de esta zona y penetrado a tierra (1964, 1971, 1974 y 1992) (CNA, 1994). A lo largo del litoral se presentan vientos de tipo monzónico del suroeste al noreste, corrientes de aire húmedo hacia tierra durante el primer semestre del año y corrientes secas hacia el mar en el transcurso del segundo semestre.

Según García y Trejo (1990) los monzones, fenómeno lluvioso que se presenta particularmente en Nayarit entre mayo y octubre, son los principales productores de precipitación de alta frecuencia al año (76 veces aprox.), enriqueciendo con humedad la zona intertropical de convergencia de los ciclones.

5.5. VEGETACIÓN

En la zona de sierra y lomeríos se encuentra la flora característica de la Selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia asociada a vegetación secundaria, debido a la práctica de quema y desmonte para abrir terrenos a la agricultura. En las zonas planas -donde se localizan los distritos de riego- los terrenos de cultivo están asociados a vegetación secundaria, con vestigios de selva baja en algunos lomeríos. Cercano al poblado de Milpas viejas, en los lomeríos continúa la presencia de selva baja caducifolia. Hacia las partes más bajas del río se ubica una zona de alta sodicidad, salinidad e inundable con vegetación de manglar y halófila (INEGI, 1993; SEPESCA, 1990; Flores-Verdugo *et al.*, 1990) (Fig. 2). En lo que anteriormente era selva baja caducifolia hay agricultura de temporal anual asociado a pastizales inducidos (INEGI, 1994).

En la ladera derecha del río tenemos terrenos utilizados en agricultura de temporal anual y de pastizal inducido, hacia las partes altas de los lomeríos colindantes existen pequeñas áreas con selva baja caducifolia y pastizal inducido. En la margen izquierdo existen terrenos con prácticas de agricultura de temporal, anual y pastizal inducido, asociado en muchos casos a palmar.

Los tipos de vegetación antes referidos se describen a continuación:

Selva mediana subcaducifolia.- Este tipo de vegetación se distribuye en altitudes entre 0 y 1,300 m s.n.m., *Cassia biflora* es la especie representante, este tipo de vegetación forma mosaicos complejos con la selva baja caducifolia y otros tipos de vegetación (*Bromelia sp.*) (Rzedowki, 1978).

Selva baja caducifolia.- Se caracteriza porque casi la totalidad de sus elementos leñosos pierden sus hojas en la época de sequía; la altura promedio de las especies es de 10 m, aunque sobresalen individuos que alcanzan hasta 15 m de alto. La selva baja se extiende desde 0 hasta por debajo de 800 m s.n.m., formando masas puras; también aparece asociada con la selva mediana caducifolia (*Bursera sp.*) o mezclada con algunas especies espinosas (*Ceiba sp.*), sobre todo cuando se perturba la vegetación natural. En cuanto a su fisonomía, la vegetación es secundaria arbustiva y está representada principalmente por las especies *Lysiloma divaricata* (Tepemezquite) y *Acacia cumbispina*. Otras especies presentes son *Gliricidia sepium* (cacahuananche) y *Byrsonia crassifolia*

(nanche). Este tipo de vegetación es fuertemente alterada por las actividades de pastoreo y tala, así como los incendios que periódicamente se provocan (CNA, 1994).

Manglar.- Éstos se desarrollan en aquellos lugares de la planicie costera donde la altitud y topografía han permitido la entrada del mar formando esteros y lagunas saladas. La vegetación esta dominada por *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y *Laguncunaria racemosa* (mangle blanco) (CNA, 1993) (Flores et al, 1990).

Pastizal inducido.- Dominado principalmente por *Aristida sp.*, *Boutelova sp.*, *Muhlenbergia sp.*, todas ellas especies usadas como forraje y que coexisten con *Bursera sp.* y *Bromelia sp.*.

5.6. FAUNA

Los estudios han estado enfocados sobre fauna acuática del sistema lagunar en aprovechamiento pesquero, fundamentalmente camarón y a la comunidad de peces. Las investigaciones sobre ictiología señalan que las lagunas costeras del Pacífico son altamente variables en sus biomásas de peces, comparadas con el Golfo de México. Diversos autores sugieren que esto es debido a que presentan comunidades marinas efímeras y pequeños ríos fuertemente estacionales; sin embargo, tienen alta diversidad en especies dentro de las cuales la mayoría son de origen marino que utilizan la laguna cíclicamente. Álvarez-Rubio et al. (1986) menciona una comunidad de peces compuesta por 75 especies y dominada por 18, las cuales alcanzan una biomasa del 90 % del total tanto en la estación húmeda como en la seca.

Las investigaciones de bentos señalan que la infauna experimenta amplias fluctuaciones resultado de la alteración de los periodos de inundación y desecación; está compuesta básicamente por poliquetos, pequeños anfipodos y moluscos. La epifauna está representada fuertemente por camarones peneidos, cangrejos portunidos del genero *Callinectes sp.* y langostino *Macrobrachium sp.* En época de lluvias, la biomasa de *P. vannamei* es la de mayor aprovechamiento. Dentro de los moluscos están *Crassostrea corteziensis* (ostión) y *Atrina maura* (callo de hacha) (CNA, 1993).

En la parte terminal del río donde la corriente se reduce se tienen reportes de especies como: tilapia (*Tilapia sp.*), lobina (*Micropterus salmoides*), bagre (*Ictalurus mexicanus*, *I. punctatus*), rana toro (*Rana Catesbiana*) y langostino nativo (*Macrobrachium americano*) (CNA 1993).

La variación del clima y vegetación en el área favorece diversos hábitats con amplia comunidad silvestre, presentándose especies de valor ecológico y cinegético como: *Conepatus mesoleucus* (zorrillo), *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), *Dassypus novemcinctus* (armadillo) y *Canis latrans* (coyote) (SEMARNAP, 1998).

5.7. SOCIECONÓMICO

Entre las poblaciones principales de Nayarit comprendidas dentro de la cuenca del río Acaponeta, podemos citar las siguientes: Acaponeta, con 8,462 habitantes; Tecuala, con 10,868 habitantes; San Felipe Aztatán, Milpas Viejas, Quimiches y Pozos de Higueras, con una población entre 1,000 y 5,000 habitantes, y -con menos de 1,000 habitantes- Huajicori y Novillero, siendo esta última una playa de atracción turística (INEGI 1995).

Las actividades económicas contribuyen en el ámbito geográfico en función de la localización de los recursos.

La región que nos ocupa, localizada al norte del estado, se caracteriza por la predominancia de la llanura costera con áreas cultivables, esteros y marismas, mismos que son explotados, siendo esta actividad la base económica de la región.

El municipio de Huajicori, localizado en la región de sierra, presenta una topografía accidentada y de difícil acceso. Sin embargo, presenta condiciones favorables para promover la explotación de recursos pecuarios, forestales y mineros (INEGI 1995).

5.7.1. AGRICULTURA.

El 50% de la producción de tabaco, frijol y sorgo se produce en esta región, también hay cultivos anuales dirigidos esencialmente al autoconsumo es de frijol, maíz y sorgo. En estos terrenos algunos se han beneficiado con cultivo de riego y son aprovechados en hortalizas, produciendo chile, tomate, jitomate, sandía, melón y mango (INEGI 1995a). En la zona el 30 % del cultivo corresponde a riego y el 70% a temporal. Donde el año agrícola se desarrolla con una producción de 45% en el ciclo invierno y un 55% en el primavera verano (CNA, 1994) (INEGI, 1995a).

5.7.2. PESCA.

Es la actividad económica de mayor potencial del país. El receptor final de las aguas del río Acaponeta sustenta una comunidad rica en especies de importancia comercial, como son el camarón y el ostión. (INEGI 1995).

El municipio de Tecuala cuenta con 18,565 has de superficie con vocación para el cultivo de camarón; aquí operan tres granjas, dos de ellas como cooperativas y la otra como empresa privada (INEGI 1995b).

5.7.3. MINERÍA.

Casi no se explota; sin embargo, en los municipios de Acaponeta y Huajicori se registró un volumen de extracción de plomo de 9,500 tm; oro de 69,000 tm y plata de 6,750 tm en el periodo de 1988-1989 (INEGI 1995).

6. MÉTODO

Para realizar un monitoreo constante de los principales cuerpos de agua naturales del país, en 1972 la SARH puso en marcha la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua. En 1989, la CNA adquiere la responsabilidad de dicha Red a cargo de la Gerencia de Calidad, Reúso del Agua e Impacto Ambiental. En la actualidad la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua cuenta con 803 estaciones de muestreo distribuidas en todo el territorio Nacional. Dado que el río Acaponeta principalmente se utiliza con fines de riego, potabilidad y, casi al final de su recorrido, se intensifica su uso con fines piscícolas, se tienen consideradas en su trayectoria tres estaciones de monitoreo (Fig. 1):

Estación #1, Huajicori.- Establecida para detectar la calidad del agua con que llega al estado antes de ser usada con fines de potabilización y riego.

Estación #2, Acaponeta (después de la descarga municipal).- Ésta se encuentra después de que el río ya recibió las descargas residuales de tipo municipal del poblado de Acaponeta y de la planta Industrial "Derivados del Maíz alimenticios, S. A. de C. V."

Estación #3, Milpas Viejas.- En esta estación prácticamente se reciben las aguas de retornos agrícolas originados por la intensa actividad que se registra en la zona; después de este punto, aguas abajo se incorporan al estero Teacapán, donde se le da uso piscícola.

Tabla 1.- Localización de las estaciones de monitoreo para la cuenca.

NÚMERO	ESTACIÓN	UBICACIÓN		ALTITUD
		latitud	longitud	m s.n.m.
1	Huajicori	105°18'55"	22°38'05"	100
2	Acaponeta	105°22'30"	22°28'00"	50
3	Milpas Viejas	105°28'30"	22°22'14"	15

En cada estación se realizó la toma de muestra de acuerdo con la siguiente lista de parámetros y técnicas especificadas. La metodología usada para cada uno de los parámetros estuvo basada en las Normas Oficiales Mexicanas (Diario Oficial Viernes 8 de Agosto de 1980.).

Tabla 2.- Lista de parámetros y técnicas especificadas realizadas en los muestreos del Sistema de Información de calidad del Agua (SICA).

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	TÉCNICAS
Temperatura	°C	Termómetro de Hg de -10 a 50°C ±1°C.	NOM-AA-7-1980
Turbiedad	UTJ	Turbidímetro de Jackson	NOM-AA-38-1980
Grasas y Aceites	mg/L	Extracción de Soxhlet	NOM-AA-5-1980
Nitratos	mg/L	Colorimétrico (sulfato de brucina)	NOM-AA-79-1986
N Amoniacal	mg/L	Colorimétrico	NOM-AA-27-1980
N Organico	mg/L	Colorimétrico	NOM-AA-26-1980
Oxígeno disuelto	mg/L	Winkler	NOM-AA-12-1981
DBO5	mg/L	Incubación por diluciones	NOM-AA-28-1981
DQO	mg/L	Reflujo de dicromato	NOM-AA-30-1981
pH	pH	Potenciométrico	NOM-AA-8-1980
Dureza total	mg/L	Volumétrico EDTA	NOM-AA-72-1981
Dureza Ca	mg/L	Volumétrico EDTA	NOM-AA-72-1981
Sólidos sedimentables	mg/L	Volumétrico, Gravimétrico	NOM-AA-20-1980
Sólidos totales	mg/L	Desecación, Gravimétrico, Ignición	NOM-AA-20-1980
Sólidos totales fijos	mg/L	Gravimétrico, Ignición a 550°C ±50°C	NOM-AA-20-1980
Sólidos totales volátiles	mg/L	Gravimétrico, Ignición	NOM-AA-20-1980
Sólidos sedimentables totales	mg/L	Gravimétrico	NOM-AA-20-1980
Sólidos sedimentables fijos	mg/L	Gravimétrico, Ignición	NOM-AA-20-1980
Sólidos sedimentables volátiles	mg/L	Gravimétrico, Ignición	NOM-AA-20-1980
Sólidos disueltos totales	mg/L	Desecación, Gravimétrico, Ignición	NOM-AA-20-1980
Sólidos disueltos fijos	mg/L	Gravimétrico, Ignición	NOM-AA-20-1980
Sólidos disueltos volátiles	mg/L	Gravimétrico, Ignición	NOM-AA-20-1980
SAAM (detergentes)	mg/L	Colorimétrico (azul de metileno)	NOM-AA-39-1980
Ortofosfatos	mg/L	Colorimétrico	NOM-AA-29-1980
Sulfatos disueltos	mg/L	Gravimétrico y turbimétrico	NOM-AA-74-1980
Cloruros	mg/L	Argentométrico	NOM-AA-73-1980
Fosfatos totales	mg/L	Colorimétrico	NOM-AA-29-1980
Coliformes totales	NMP/100ml	Tubos múltiples de fermentación	NOM-AA-42-1981
Coliformes fecales	NMP/100ml	Tubos múltiples de fermentación	NOM-AA-42-1981

Diario Oficial de la Federación 1989 y APHA, 1992.

Las muestras fueron colectadas bimestralmente por el personal de la Gerencia Estatal de Nayarit de CNA, bajo los criterios que marca el programa de monitoreo en las estaciones establecidas en el río Acajoneta a una profundidad de 0.10 m. La determinación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se llevó a cabo en el Laboratorio del Centro de Estudios Limnológicos de Guadalajara, Jal. (CNA, 1994), bajo las condiciones necesarias y tiempo adecuado según las restricciones que se mencionan en el manual para la calidad de agua del Standard Methods (APHA, 1992).

Para este trabajo, los datos de los parámetros (que abarcaron los años 1990, 1991, 1992, 1993) fueron obtenidos a través del Sistema de Información de la Calidad del Agua (SICA), con los cuales se elaboró una base de datos para su manejo y análisis.

Los valores promedio obtenidos de los parámetros fueron comparados con los valores establecidos por la Normatividad Nacional, que son los criterios

ecológicos de Calidad del agua, ya que permiten clasificar los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuentes de abastecimiento de agua potable, recreación, pesca y vida acuática y, para uso industrial y agrícola. Por ello se consideran las concentraciones máximas permisibles de los parámetros de calidad de agua publicados en el Diario Oficial de la Federación del día 13 de Diciembre de 1989. (Norma Oficial Mexicana, NOM-CECA-01-89) e Internacional (EPA,CEQ, OMS, USEPA).

A partir del análisis de los datos obtenidos para estos parámetros se evaluó cada uno de los factores con los promedios y su desviación estandar. Se elaboró una matriz con todos los datos de los muestreos y se aplicó un análisis de varianza y se determinó el comportamiento del sistema por medio de un análisis multifactorial, con el programa Statistica para Windows y se realizó el análisis de discriminantes y las variables canonicas (Manly, 1994).

Finalmente se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) con el propósito de definir el grado de calidad existente en el agua en el momento de su muestreo.

El "ICA" se calcula mediante dos técnicas básicas, una en forma aritmética y otra en forma multiplicativa (geométrica), ambas propuestas por Brown (1970), en las que se les puede asignar o no un peso específico de importancia a cada uno de los parámetros considerados dentro del sistema, según el uso a que es destinada el agua. El método utilizado en este trabajo ocupó 16 parámetros (León,1991).

La fórmula utilizada para el cálculo del "ICA", así como las ecuaciones de cada parámetro y sus respectivos pesos de importancia relativa, se da a continuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n (I_i \cdot W_i)}{\sum_{i=1}^n (W_i)}$$

En donde:

ICA= Índice de Calidad de agua

I_i = Subíndice de Calidad para el parámetro i , $0 \leq I_i \leq 16$

W_i = Peso de importancia de parámetro i , $0 \leq W_i \leq 16$

n = número de parámetros.

Para conocer el ICA, se calculó el valor "Q", para los datos que se analizaron en los muestreos, de la siguiente manera: se obtiene una ecuación que corresponde al comportamiento y calificación del parámetro, con base en una correlación o una curva graficada para cada prueba donde se observe el valor reportado para el parámetro contra la calificación de ese valor (Tabla 3).

Conforme a la fórmula del "ICA" se requiere asignar una importancia relativa a cada uno de los parámetros, con base en el uso o usos del agua.

Tabla 3.- Valores de subíndice y peso de importancia para cada parámetro, en el cálculo del valor "Q", (Q= W x I).

I	W	I	W
pH Índice pH=10 ^{0.2335pH(0.44)} pH<6.7 Índice pH=100 6.7<pH<7.3 Índice pH=10 ^{4.22-0.295pH} pH>7.3	1.0	Color (unidades platino cobalto) Índice c=123(c) ^{-0.295}	2.0
Turbiedad (UTJ) It=180(t) ^{-0.178}	1.0	Grasas y Aceites (en mg/L) IGyA=87.25(GyA) ^{-0.298}	2.0
Sólidos Suspendidos (mg/L) Iss=266.5(ss) ^{-0.37}	0.5	Sólidos disueltos Isd=109.1-0.0175(sd)	2.0
Dureza total ID=10 ^{1.974-0.00174(D)}	1.0	Nitratos INO ₃ =162.2(NO ₃) ^{-0.0343}	5.0
N. Amoniacal INH ₃ =45.8(NH ₃) ^{-0.343}	0.5	Fosfatos totales IPO ₄ =34.215(PO ₄) ^{-0.46}	5.0
Cloruros Icl=121(Cl) ^{-0.223}	2.0	Oxígeno Disuelto IOD= {(OD)/OD%sat}100	3.0
DBO IDBO=120(DBO) ^{-0.673}	1.0	Coliformes Totales ICT=97.5(CT) ^{-0.27}	4.0
Coliformes Fecales Iec=97.5(Ec) ^{-0.27}	1.0	Detergentes ISAAM=100 -16.678 (SAAM) + 0.1587 (SAAM) ²	3.0

W.- Importancia relativa involucrada en el cálculo del ICA (SARH, 1979) para cada uno de los parámetros.

I.- Valor o subíndice de calidad de cada parámetro (León, 1991).

Para lograr una comprensión mejor del valor final obtenido, expresado como porcentaje de agua pura, se compara con la tabla 4 que consideran calificaciones de acuerdo a las aplicaciones. Este método varía desde aceptable hasta inaceptable para los diferentes usos, que son: Abastecimiento público, Recreación, Pesca y vida acuática, Industria y agricultura, Navegación y transporte de desechos tratados (cuerpos receptores que sirvan como drenaje) (S.A.R.H. 1979, León 1991).

Con el fin de identificar las posibles fuentes de contaminantes que descargan en las aguas del río, se realizó el recorrido a lo largo del mismo, acompañando en los muestreos de las tres estaciones al personal de la Gerencia Estatal de Nayarit.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sistemas lóticos se caracterizan por su heterogeneidad espacio-temporal y su interacción entre ambas; en estos sistemas, las influencias locales de temperatura y sustrato integran condiciones que varían a lo largo de su cauce, interacciones en su mayoría abióticas (energía solar, clima, geología, geomorfología, hidrología); las cuales determinan las características físicas y químicas, e influyen directamente en la estructura de la biota dentro de la corriente (Margalef, 1994).

En un río, las relaciones son aparentemente más definidas que en los lagos, desde el momento en que el flujo impone un sentido y siempre arrastra materiales, de modo que parte de la producción de aguas arriba va a parar aguas abajo, y la relación inversa no existe.

7.1. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS.

7.1.1. PROPIEDADES FÍSICAS.

En general, la mayoría de las propiedades del agua están en función de la temperatura, presión y sustancias disueltas en ella. Las características físicas de los cauces contribuyen al control de la desoxigenación, tasa de muerte bacteriana, descomposición de organismos bentónicos y aireación (Nemerow, 1995). También provee datos sobre la variación de la velocidad de la corriente.

Tabla 4.- Resultados de los estadísticos descriptivos para los parámetros físicos.

Parámetro	HUAJICORI				ACAPONETA				MILPAS VIEJAS			
	MAX	MIN	PROM	DESV EST	MAX	MIN	PROM	DESV EST	MAX	MIN	PROM	DESV EST
TEMP. Agua	31	20	27	3.8	31	21	27	3.3	32	22	29	2.9
TEMP. AMB	34	15	29	4.5	38	16	29	5.5	36	16	30	5.5
TURBIEDAD	500	0	52	120.2	400	0	44	92.9	290	0	44	77.6
SÓLIDOS TOTALES	882	90	228	160.6	5340	69	477	1060.7	4502	120	455	893.4
SOLTOT VOL	180	18	68	37.7	4344	22	256	872.9	3812	20	245	785.2
SOLTOT FIJ	794	42	161	149.8	1006	41	220	254.1	690	60	211	139.4
SOLSUSP TOT	720	4	74	150.4	844	3	85	179.9	379	6	79	101.2
SOLSUSP VOL	75	1	16	18.9	95	1	17	22.5	68	3	17	17.5
SOLSUSP FIJ	668	1	58	137.4	748	2	69	159.9	311	2	62	87.1
SOLDIS TOT	376	28	154	66.7	5329	51	393	1055.2	4488	21	377	907.2
SOLDIS VOL	175	11	56	40.3	4336	18	258	912.7	3806	3	247	822.0
SOLDIS FIJ	263	15	98	53.0	993	15	158	197.2	682	18	152	138.8
SÓLIDOS SEDIMEN	1.3	0.1	0.2	0.33	1.3	0.1	0.24	0.35	1	0.1	0.22	0.26
COLOR PT/CO	50	5	19	9.7	60	5	18	11.9	70	5	21	16.3

7.1.1.1.- TEMPERATURA.

La temperatura del agua es muy importante para la calidad del agua de ríos, influye en las cantidades de oxígeno que puede disolverse en el agua, en la tasa de fotosíntesis de macrofitas acuáticas, en el metabolismo de los organismos y la sensibilidad de los organismos a descargas tóxicas, parásitos y enfermedades (Mitchell y Stap, 1995). La temperatura del agua está en función de la latitud y radiación solar en la zona (Wetzel, 1991).

La temperatura registrada en los tres diferentes puntos -a lo largo de los cuatro años- muestra un comportamiento estacional. La variación máxima es de 10°C, registrándose mínimas en las tres estaciones en los meses de enero y noviembre de 1991 y 1992 (con temperaturas de $21 \pm 1^\circ\text{C}$); esta temperatura mínima corresponde a los meses de secas y temporadas de heladas erróneamente llamado invierno para esta región. El comportamiento de este parámetro es muy similar en las tres estaciones (tabla 4); la estación Milpas Viejas tiene temperaturas superiores, debido a la cercanía con la costa y la altitud; así, la temperatura mas elevada fue de 32°C, repitiéndose en varias ocasiones. La Norma Oficial Mexicana (NOM-01-CECA-1989) considera en este parámetro que los límites permisibles es el valor en condiciones naturales $\pm 2^\circ\text{C}$ (ver tabla 7). Claramente se observa en las tres estaciones que la temperatura está regida por los factores ambientales de estacionalidad variando conforme el clima, su importancia radica en el efecto en otras propiedades, por ejemplo, aceleración y reacciones químicas, reducción en la solubilidad de los gases, etc (Tebbutt, 1990).

La fluctuación de 10 °C en las temperaturas registradas, además de obedecer a las variaciones estacionales, tiene relación con la tala de arboles que dan sombra al río, la erosión de suelos barridos por efecto de la lluvia, los sólidos suspendidos acarreados por el río, -que absorben la luz solar haciendo que el agua se caliente- y las descargas municipales. Pocos organismos pueden tolerar condiciones extremas de calor o frío y la mayoría de organismos acuáticos tienen adaptaciones para sobrevivir dentro de un intervalo de temperatura (Margalef, 1994; Nemerow, 1995).

7.1.1.2.- TURBIEDAD.

La turbiedad está dada por la materia particulada, que incluye limos y arcillas. Según Tebbutt (1990), las mediciones de turbiedad se relacionan con la claridad del agua: altos valores reducen la transmisión de la luz, y la presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina (Hutchinson, 1967). La mayoría de los valores se registraron alrededor de 1.0 mg/L, observándose 5 picos a lo largo de 4 años para las tres estaciones. Los valores máximos fueron de 500 mg/L en Huajicori, 400 mg/L en Acaponeta y 290 mg/L en Milpas Viejas durante enero de 1992; los otros dos picos fueron valores muy inferiores, 91 y 26 mg/L, y se registraron en épocas de lluvias.

Los altos valores de turbiedad son causados por descargas de aguas sucias, erosión del suelo y el arrastre de sedimentos del fondo por la corriente

(APHA, *et al.* 1992). Para el río Acaponeta es evidente que coinciden con el arrastre de material ocasionado por las lluvias que suceden en la zona. El estado óptimo de los organismos acuáticos disminuye con los altos niveles de turbiedad, ya que las aguas turbias absorben el calor proveniente del sol, disminuyendo la fotosíntesis a consecuencia de la poca luz que penetra en el agua, lo que también reduce la cantidad de oxígeno (Mason, 1991).

7.1.1.3.- SÓLIDOS.

Éstos pueden estar presentes en suspensión, en solución o ambos, y se dividen en materia orgánica y materia inorgánica. Los sólidos pueden afectar o influir negativamente la calidad del agua de diversas maneras (Tebbutt, 1990). El análisis de sólidos es importante en el control de procesos de tratamiento físico y biológico en aguas de descarga y para cumplir las regulaciones de los límites permisibles en los efluentes.

- a) Sólidos totales.- Los sólidos totales incluyen sólidos suspendidos y disueltos. De todos los muestreos, sólo en 4 se rebasó el límite ecológico recomendado de 1000 mg/L. En la estación Huajicori ningún valor superó el límite; las demás fluctuaron de 90 a 882 mg/L, presentando un promedio de 228 mg/L. La estación Acaponeta presentó el valor máximo de 5340 mg/L en marzo de 1992 y 1172 mg/L en enero de 1992; dichos valores superan también el valor recomendado. Los muestreos restantes oscilaron de 69 a 522 mg/L; en Acaponeta el valor promedio fue de 477 mg/L. En la estación Milpas Viejas los valores por debajo de la norma fluctuaron de 120 a 510 mg/L, las dos máximas concentraciones se observaron en enero y marzo de 1990 con 1264 y 4502 mg/L respectivamente; el valor promedio de los datos registrados en los cuatro años en esta estación fue 455 mg/L.
- b) Sólidos totales volátiles STV.- El término sólidos totales volátiles no hace distinción precisa entre materia orgánica e inorgánica, este incluye pérdidas debidas a descomposición o volatilización de algunas sales minerales. Para Huajicori, en la determinación de los STV se observaron valores menores a 180mg/L, con un promedio de 68 mg/L y un valor mínimo de 18 mg/L. Para Acaponeta, el valor más bajo fue de 22 mg/L y un valor máximo de 4344 mg/L; los valores restantes no rebasaron los 266 mg/L; aquí, el promedio fue de 256 mg/L. En Milpas Viejas se observaron 2 valores muy altos: 1014 y 3812 mg/L; los demás valores se situaron en un intervalo de 20 a 94 mg/L; para este lugar el promedio de los cuatro años fue de 245 mg/L.
- c) Sólidos totales fijos STF. Los sólidos fijos son los encontrados después de la ignición de los suspendidos y disueltos a una temperatura y tiempo específico, pues son de alto peso molecular. Para Huajicori, el mínimo fue de 42 mg/L y el máximo de 794 mg/L; con un promedio de 160 mg/L. En Acaponeta, la concentración máxima fue 1006 mg/L y la mínima de 41 mg/L, con 219 mg/L como promedio. En Milpas Viejas, el máximo fue de 690 mg/L y el mínimo de 60 mg/L, con un promedio de 211 mg/L

- d) Sólidos suspendidos totales SST.- La materia particulada vertida al sistema acuático que no se disuelve puede quedar en suspensión, ya que el tamaño de partícula no llega a depositarse (Tebbutt, 1990), los sólidos suspendidos incluyen hojas y materiales de plantas, partículas sólidas que se enlazan con compuestos tóxicos y metales pesados (Hope, *et al.* 1994). El valor máximo en Huajicori fue de 720 mg/L, el valor mínimo de 4 mg/L y el promedio 74 mg/L. En Acaponeta el mayor valor fue de 844 mg/L y el valor más bajo de 3 mg/L, con una media de 84 mg/L. Milpas Viejas tuvo un valor mayor de 379 mg/L y mínimo de 6 mg/L, en promedio se observan 76 mg/L. Los criterios ecológicos determinan un valor máximo de 500 mg/L como límite para fuente de abastecimiento de agua potable (tabla7) (SEMARNAP, 1995).
- e) Sólidos Suspendidos Volátiles SSV. En Huajicori los valores fluctuaron de 1 a 75 mg/L con un promedio de 16 mg/L; en Acaponeta varió de 1 a 96 mg/L con un valor medio de 17 mg/L, y en Milpas Viejas la concentración osciló desde 3 a 68 mg/L.
- f) Sólidos Suspendidos Fijos SSF. El intervalo en Huajicori fue de 1 a 668 mg/L, con un promedio de 58 mg/L; en Acaponeta va de 2 a 748 mg/L, con un valor medio de 69 mg/L; en Milpas Viejas fue de 2 a 311 mg/L, con promedio de 62 mg/L.
- g) Sólidos Disueltos Totales SDT.- Los sólidos disueltos totales se deben a materiales solubles; las aguas con muchos sólidos disueltos generalmente son poco potables y pueden inducir una desfavorable reacción psicológica en los consumidores (Tebbutt, 1990). Los sólidos disueltos incluyen materiales inorgánicos como calcio, bicarbonato, nitrógeno, fósforo, hierro, sulfato y otros iones encontrados en el agua. Un nivel constante de estos materiales es esencial para el mantenimiento de la vida acuática debido a la densidad del total de sólidos determina el flujo del agua dentro y fuera de los organismos unicelulares, muchos de estos iones disueltos -tales como el nitrógeno, fósforo y azufre- constituyen las moléculas necesarias para la vida (Hope, *et al.* 1994). En Huajicori, los valores fueron de 28 a 376 mg/l, con una media de 154 mg/L. En Acaponeta los datos fueron de 51 a 5329 mg/L y el promedio fue de 393 mg/L. En Milpas Viejas los datos fueron de 21 a 4488 mg/L con un promedio 377 mg/L. Se llegó a rebasar 3 veces el límite de los criterios ecológicos, que para este parámetro es de 500 mg/L (CNA, 1992). El agua con alto contenido de minerales también es inapropiada para muchas aplicaciones industriales y pueden ser estéticamente desagradables para muchos propósitos, incluso el contacto físico. Las concentraciones del SDT en el agua varían considerablemente en diferentes regiones geológicas, debido a la distinta solubilidad de los minerales (Nemerow, 1995).
- h) Sólidos Disueltos Volátiles SDV.- En Huajicori fluctuaron de 11 a 175 mg/L, con un promedio de 56 mg/L; en Acaponeta los datos tienen un mínimo de 18 y 4336 mg/L como máximo, con promedio de 258 mg/L; en Milpas Viejas los datos van de 3 a 3806 mg/L y el promedio es de 247 mg/L.

- i) Sólidos Disueltos Fijos SDF.- En Huajicori los datos variaron de 15 a 263 mg/L, con un promedio de 98 mg/L; en Acaponeta la variación se da entre 15 y 993 mg/L, con valor promedio de 158 mg/L, y Milpas viejas tiene el valor mínimo de 18 mg/L y el máximo de 682 mg/L, con un promedio de 152 mg/L.

Las altas concentraciones de los sólidos suspendidos y disueltos -ya sean totales, fijos o volátiles- coinciden con descargas municipales y la época de lluvias que arrastra con mayor fuerza los materiales erosionados. Estos niveles de sólidos totales pueden disminuir la calidad del agua y causar problemas de balance hídrico para organismos. Altas concentraciones de sólidos disueltos pueden producir efectos laxantes en el agua potable y un sabor mineral (Hope, *et al.* 1994).

7.1.1.4.- SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Los sólidos sedimentables son aquellos que se eliminan en un procedimiento estándar de sedimentación. Este parámetro no proporciona información acerca de la calidad del agua en que se encuentra este sistema (APHA, 1992). El resultado de este parámetro fue regularmente de 0.1 mg/L; en 5 ocasiones se registraron valores superiores que obedecen a descargas o arrastres que no han tenido tiempo para sedimentar sus partículas. Para este parámetro no existe límite dentro de los criterios ecológicos (SEMARNAP, 1995).

7.1.1.5.- COLOR.

La escala comparativa de color más usada es la de Pt/Co, donde las aguas más limpias nos darían un valor de cero unidades Pt/Co mientras que las aguas muy turbias alcanzarían hasta 300 unidades. Es bastante frecuente que las unidades de color aumenten con la profundidad, en relación con las concentraciones de materia orgánica disuelta y con los compuestos férricos. El color que presenta el agua en Huajicori y Acaponeta es transparente, y en Milpas Viejas presenta un color amarillento, lo que nos indica gran cantidad de materia inorgánica en suspensión (Lind, 1985). Los valores que se reportan en el Color se encuentran entre 0 y 30 unidades de Pt/Co, sólo en julio de 1993 se registran los datos más altos para todas las estaciones: 50 Pt/Co en Huajicori, 60 Pt/Co en Acaponeta y 70 Pt/Co en Milpas Viejas; esta estación en el muestreo siguiente da un valor de 60 Pt/Co, considerado también como uno de los valores altos en este parámetro.

7.1.2. PROPIEDADES QUÍMICAS.

Las características químicas tienden a ser más específicas en su naturaleza que algunos de los parámetros físicos y, por eso, son más útiles para evaluar de inmediato las propiedades de una muestra (Tebbut, 1990).

7.1.2.1.- pH

El pH mide la intensidad de acidez o de alcalinidad de una muestra, que en realidad es función de la concentración de iones hidrógeno presente. El pH controla muchas reacciones químicas, y la actividad biológica normalmente se

restringe a una escala bastante estrecha de pH entre 6 y 8 (Tebbutt, 1990). Para las tres estaciones, los registros en este parámetro se observaron muy similares, así como sus oscilaciones y comportamientos a lo largo de los cuatro años. Los datos se ubicaron entre los límites establecidos de 6.5-8.5 (CNA, 1992). La excepción fue el registro de enero de 90 en la estación Milpas Viejas, con un valor de 5.2; en este caso, la disminución del pH es consecuencia de las descargas vertidas en este sitio (retornos agrícolas). Se observan oscilaciones que van desde valores neutros hasta ligeramente alcalinos. Las descargas municipales y de aguas con altas concentraciones de sustancias nitrogenadas como las registradas por la industria que elabora harina de maíz influye en la disminución del pH en la estación Milpas Viejas.

Tabla 5a.- Resultados de los estadísticos descriptivos de los parámetros químicos

Estadístico	Huajicori				Acaponeta				Milpas Viejas			
	MAX	MIN	PROM	DESV EST	MAX	MIN	PROM	DESV EST	MAX	MIN	PROM	DESV EST
pH	8.6	6.3	7.5	0.6	8.2	6.6	7.5	0.5	8.2	5.2	7.4	0.6
DUREZA TOTAL	226	17	93	58	162	34	75.00	31	215	40	81	38
DUREZA CALCIO	113	8.4	55	30	81	17	47	17	75	17	48	16
OXIGENO DISUELTO	12.5	6.9	9.3	1.6	12.9	3.6	8.6	2.2	15.1	0.1	8.4	2.5
DBO5	5.6	0.3	2	1	6.3	0.4	2	1.5	6.7	0.2	2	1
DQO	83	3	21	20	50	2	23	17	68	3	22	19

7.1.2.2.- DUREZA.

Es debida principalmente a los iones metálicos Ca^{++} y Mg^{++} , aunque también son responsables Fe^{++} y Sr^{++} . Los metales normalmente están asociados con HCO_3^- , SO_4^{--} , Cl^- y NO_3^- . No representa riesgo para la salud, pero las desventajas económicas del agua dura incluyen un consumo excesivo de jabón y costos más altos de combustible (Wetzel, 1991; Hutchinson, 1975). La dureza se expresa en términos de $CaCO_3$ y se divide en dos formas:

- Dureza de carbonatos- metales asociados con HCO_3^- .
- Dureza de no carbonatos- metales asociados con SO_4^{--} , Cl^- , NO_3^- .
- Dureza total -alcalinidad = dureza de no carbonatos, en $mg\ H_2CO_3/L$.

Si están presentes altas concentraciones de sales de Na y K, la dureza de no carbonatos puede ser negativa ya que tales sales pueden formar alcalinidad sin producir dureza (Tebbutt, 1990).

Babbit (1955) define del grado de dureza de las aguas superficiales de la siguiente manera:

0-55	Blandas
56-100	Ligeramente dura
101-200	Moderadamente dura
201-300	Muy dura

- a) Dureza total.- Los valores de dureza total se encuentran en concentraciones alrededor de 50 mg/L, los promedios registrados para las tres estaciones fueron de: 93, 75 y 81mg/L de CaCO_3 respectivamente (tabla 5a), de acuerdo con Babbit (1955) los valores de dureza reportados describen el agua del río Acaponeta como ligeramente dura. Sin embargo, los muestreos presentan variación desde aguas blandas a muy duras. En noviembre de 1990, Milpas Viejas registró una concentración de 220 mg/L. Esto indica claramente una descarga con mayor concentración de iones de calcio y magnesio que pueden ser originados en la zona de cultivo o por la consistencia de los bordes. En enero de 1992 se observó un incremento en la concentración en las tres estaciones, lo cual se puede explicar con la presencia de lluvias en esa época que origina el desgaste y arrastre de rocas circundantes con contenido de carbonatos río arriba. Como lo demuestra Huajicori, -máximos valores- la zona de la primera estación de muestreo está constituida por rocas con mayor contenido de carbonato de calcio. La continua variación observada se debe al intemperismo provocado por lluvia. En los Criterios Ecológicos (CE-CCA-001/89) se establece sólo para la acuicultura un intervalo de 5-300 mg/L y, en este sentido, todos los valores están dentro de los límites establecidos (tabla 7), por lo que el agua puede ser usada para el cultivo de especies muy resistentes. Las aguas blandas, con una dureza inferior a unos 100 mg/L, tienen una baja capacidad de amortiguación y pueden resultar más corrosivas para las tuberías (Mason, 1991).
- b) Dureza de Calcio. Los valores registrados presentan más fluctuación comparados con la dureza total. En enero de 1992 la concentración en la estación #1 Huajicori, con 84 mg/L, indica que más del 50% de la dureza total es debida a la dureza de calcio y que éste es el principal factor en el incremento de la dureza. Se observa que los valores de dureza de calcio coinciden con las tendencias de la dureza total; dicho incremento se debe al desgaste del sustrato río arriba, que aporta carbonato de calcio. Los valores máximos en las tres estaciones fueron 113, 81 y 75 mg/L CaCO_3 , respectivamente. Los valores de dureza de calcio en Acaponeta presentan más oscilación, pues la menor concentración fue de 8.4 mg/L que corresponde a la época de secas en abril de 1991. Las otras dos estaciones coinciden en el valor mínimo de 17 mg/L. Un registro de valores mayores de 60 mg/L de CaCO_3 en el agua es indicio de aguas duras. El agua dura contiene iones Ca^{2+} procedentes principalmente, de la meteorización de rocas que contiene CaCO_3 (Nemerow, 1995).

La hidrólisis ácida de un mineral sedimentario como el CaCO_3 transcurre más rápidamente que para las rocas ígneas y, además, no deja residuos sólidos. Debido a ello, el agua dulce de cuencas de drenaje con un lecho de roca carbonatada generalmente contiene muchas más sustancias disueltas -que se cuantifican como sólidos disueltos totales (SDT) y se llaman duras- en contraposición a las aguas de drenaje de cuencas ígneas, que normalmente son blandas. Las aguas calcáreas se distinguen por el predominio de Ca^{2+} y HCO^- sobre otras sustancias disueltas, valores elevados de SDT y escasos residuos sólidos procedentes de la meteorización (Raiswell, *et al.* 1983).

PROPIEDADES	AGUAS CALCÁREAS	RIO ACAPONETA
pH	7 - 9	5.2-8.7
Cationes	Ca^{2+} Mg^{2+}	Ca^{2+} Mg^{2+}
Aniones	HCO^-	HCO^-
SDT	Alto	Alto
SÓLIDOS METEORIZADOS	Ninguno	Ninguno

7.1.2.3.- OXÍGENO DISUELTO (OD).

El oxígeno disuelto es un elemento muy importante en la calidad del agua. Su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida y el efecto de una descarga de desechos orgánicos en un río se determina principalmente por el balance del oxígeno en el sistema. La concentración de OD en el agua depende principalmente de la capacidad productora de este gas por parte de los organismos fotosintetizadores, del consumo que realicen los heterótrofos y de la solubilidad de dicho gas en el medio. De él depende en gran medida el equilibrio ecológico y la recuperación del mismo en caso de presentarse problemas de contaminación. Para una biota de agua templada Stocker y Seager (1981) recomiendan concentraciones de al menos 5 mg/L. El valor mínimo registrado para este parámetro fue de 0.1 en 1991, en el poblado de Milpas Viejas, (valor por debajo de los límites permisibles para la vida acuática, de 4 mg/L, SEDESOL, y 3 mg/L de acuerdo con Lind, 1974); fuera de este valor, los demás fluctúan por encima de 6.5 mg/L, registrándose valores de hasta 15 mg/L de OD (valor registrado en Milpas Viejas). La primera estación "Huajicori" presenta mayor concentración de OD, oscilando entre 12.5 y 6.9 mg/L. En las estaciones Acaponeta y Milpas Viejas se observa una menor cantidad de OD en los muestreos. De acuerdo con Tebbutt (1990), las aguas superficiales limpias normalmente están saturadas con OD, pero la demanda de oxígeno de los desechos orgánicos pueden consumirlo rápidamente. Este elemento también denota la presencia o ausencia de microorganismos y organismos productores y consumidores, y puede ser introducido a un cuerpo de agua por los efectos de aireación de los vientos y corrientes (Meyer, 1988). Los peces de pesca deportiva requieren cuando menos 5 mg/L de OD y los peces ordinarios no sobreviven por debajo de 2 mg/L de OD (Mitchell y Stap, 1995).

Demandas de Oxígeno

Por lo regular los compuestos orgánicos son inestables y pueden oxidarse biológicamente o químicamente para obtener productos finales estables, relativamente inertes, tales como CO_2 , NO_3 , PO_4^{3-} . El contenido orgánico se

obtiene al medir la cantidad de oxígeno que se requiere para su estabilización (Tebbutt, 1990).

7.1.2.4.- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅).

La DBO₅ es una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua, con la ayuda de una población heterogénea de microorganismos presentes en la misma. La DBO₅ es un parámetro que indirectamente nos expresa el contenido de materia orgánica biodegradable presente en el agua. Cabe mencionar que la materia orgánica no siempre procede de alguna descarga, sino también puede formarse dentro del mismo cuerpo de agua. Nemerow (1995) considera que los ríos moderadamente contaminados tienen una DBO₅ entre 1 y 8 mg/L.

La DBO es utilizada como medida de comparación entre diferentes agua, especialmente aquellas afectadas por contaminación orgánica (Maitland, 1990). Una clasificación comúnmente usada en Gran Bretaña es la siguiente:

DBO ₅ ^{20°C}	Clasificación	DBO ₅ ^(20°C)	Clasificación
0-1	Muy limpia	6-10	Pobre
1-2.5	Limpia	10-15	Maía
2.5-4	Ligeramente limpia	15-20	Muy mala
4-6	Dudosa	>20	Extremadamente mala

Los valores de DBO₅ en las tres estaciones se comportan de manera muy parecida. En marzo de 1990 las tres estaciones registraron sus valores máximos de 5.6, 6.3 y 6.7 respectivamente, que las clasificaría como de calidad dudosa (Maitland, 1990), estos valores representan una mínima cantidad de materia orgánica o que ésta es rápidamente digerida y, por lo tanto, su cuantificación en cualquier instante es mínima. Para abril de 1991 la estación Acaponeta registra una DBO₅ de 6.1 mg/L; aquí es evidente la alteración, aunque mínima, que se presenta a lo largo del sistema. Para 1993 los valores máximos de DBO₅ se registraron en mayo. De acuerdo a Hammer y Mackichan (1981), la mayoría de los ríos moderadamente contaminados tienen valores menores de 8 mg/L.

7.1.2.5.- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).

La demanda química de oxígeno denota la materia químicamente oxidable en un cuerpo de agua. A diferencia de la DBO₅, este parámetro también incluye aquella materia bioquímica no degradada fácilmente o en más de 5 días, por microorganismos que se encuentran en el agua. Este parámetro (DQO) indica también la presencia de sustancias inorgánicas oxidables, de fibras naturales o sintéticas y de materia orgánica de difícil descomposición. La demanda química de oxígeno registrada va desde 0 hasta 85 mg/L (tabla 5a), las fluctuaciones obedecen a la presencia de precipitaciones que con los deslaves, lavados y escurrimientos contribuyen al aporte de materia orgánica en el sistema. Se observa claramente que en Enero de 1992, las dos estaciones más cercanas a la costa (Acaponeta y Milpas Viejas), que recibieron más influencia de lluvia, registran en las aguas mayor DQO. Los valores de las tres estaciones no

presenta diferencias significativas, se encuentran en los límites permisibles, indicando un estado poco alterado, sin perturbaciones antropogénicas, siendo sólo afectados por la variación estacional y los aportes naturales provenientes de zonas aledañas al cauce.

Tabla 5b.-Resultados de los estadísticos descriptivos de los parámetros químicos. Continuación

Estadístico	Hujicori				Acaponeta				Milpas Viejas			
	MAX	MIN	PROM	DESV EST	MAX	MIN	PROM	DESV EST	MAX	MIN	PROM	DESV EST
N ORGANICO	3.58	0.3	1.05	1.28	9.22	0.32	1.73	2.68	3.26	0.28	1.09	1.11
N AMONICAL	1.79	0.14	0.44	0.45	2.86	0.069	0.41	0.56	2.34	0.13	0.43	0.51
NITRATOS	0.65	0.1	0.24	0.14	0.76	0.1	0.25	0.16	0.76	0.1	0.29	0.17
CLORUROS	54	2	15	11	44	2.4	16	12	37	1.5	17	11
FOSFORO TOTAL	1.10	0.11	0.33	0.29	0.41	0.17	0.34	0.08	0.65	0.09	0.28	0.14
ORTO-FOSFATOS	0.980	0.049	0.230	0.260	0.33	0.062	0.230	0.090	0.26	0.05	0.151	0.065
SULFATOS	53	1	25	16	60	1	26	16	56	1	26	14
GRASAS Y ACEITES	87	27	47	23	111	5.6	45	26	98	11	48	23
SAAM	0.25	0.01	0.13	0.13	0.26	0.028	0.13	0.12	0.24	0.02	0.15	0.10

7.1.2.6.- NITRÓGENO.

En un sistema acuático, el nitrógeno es un elemento importante, ya que las reacciones biológicas sólo pueden efectuarse en presencia de suficiente nitrógeno (APHA, 1992), el cual, existe en cuatro formas principales (Tebbutt, 1990):

- Nitrógeno orgánico. Nitrógeno en forma de proteínas, aminoácidos y urea.
- Nitrógeno amoniacal. Nitrógeno como sales de amoníaco o como amoníaco libre.
- Nitrógeno de nitritos. Una etapa intermedia de oxidación que normalmente no se presenta en grandes cantidades.
- Nitrógeno de nitratos. Producto final de la oxidación del nitrógeno.

Dentro del ciclo del nitrógeno se presentan diversos procesos según sean las condiciones de oxidación y reducción en la columna de agua; éstos pueden ser: amonización o transformación de N. orgánico con liberación de amonio; nitrificación u oxidación del amonio a nitrito o nitrato; desnitrificación u reducción del nitrato a nitrito, amonio e incluso óxido nitroso, N_2O , y nitrógeno molecular; por último, la fijación del N_2 molecular disuelto en el agua. Estos procesos se realizan con la participación de microorganismos particulares en cada sistema acuático (de la Lanza y Cáceres 1994). Las concentraciones relativas de las diferentes formas del nitrógeno dan una indicación útil de la naturaleza y concentración de la muestra. El contenido de nitrógeno indica la calidad de las aguas. Si el agua

contenía N org. y N amo. altos, con pocos nitratos y nitritos, se consideraba insegura debido a su reciente contaminación. Por otro lado, si en la muestra no hay N. org. ni N. amo. y algo de nitratos se consideraba segura ya que la nitrificación habría ya ocurrido y su contaminación no podría ser reciente (Winkler, 1986).

- a) Nitrógeno orgánico (N.O.). Para N. O. los registros van de enero de 1992 a mayo de 1993 y los valores fluctúan: en Huajicori de 0.30 a 0.5 mg/L; en Acaponeta, de 0.30 a 0.56mg/L, y por último, en Milpas Viejas, de 0.28 a 0.85 mg/L. En julio de 1993 a noviembre de 1993 son de 1.82 a 3.58 mg/L en Huajicori, de 3.39-9.22 mg/L en Acaponeta y de 2.59-3.26 en Milpas Viejas (tabla 5b). Este hecho muestra un aumento en el aporte de materia orgánica con nitrógeno orgánico sin oxidación. En la estación Acaponeta se presentó la mayor concentración, de 9.22 mg/L, que para el siguiente registro disminuyó a 4 mg/L, con todos los valores por debajo de los límites permisibles.
- b) Nitrógeno amoniacal. (N. A.). El amonio es el principal compuesto nitrogenado presente en el medio, siendo uno de los productos finales de la degradación de la materia orgánica más reducida del nitrógeno. La presencia de este compuesto en el medio acuático se debe a la excreción de los organismos zooplanctónicos. Se denomina amoniaco tanto la especie no ionizada (NH_3) como la ionizada (NH_4^+). El amoniaco que existe en el medio ambiente procede de procesos metabólicos, agrícolas e industriales. Las concentraciones naturalmente existentes en las aguas subterráneas y superficiales se sitúan, por lo común, por debajo de 0.2 mg/L. La cría intensiva de animales en explotaciones agrícolas pueden hacer que las concentraciones en las aguas superficiales sean mucho mayores. La presencia de amoniaco en el agua es un indicador de una posible contaminación por bacterias, aguas residuales o desechos de origen animal (OMS.1995). Las concentraciones de N. A. se presentan muy estables, fluctuando de 0.14 a 1.79 mg/L, con un promedio de 0.44 mg/L en Huajicori, para Acaponeta de 0.069 a 2.89 mg/L con media de 0.41 mg/L y Milpas Viejas con 0.13 a 2.34 mg/L y 0.43 mg/L de promedio (tabla 5b). Se observa un incremento en la concentración de N. A. Sólo se observan efectos toxicológicos con exposiciones superiores a unos 200 mg/Kg de peso corporal. De manera general, los valores más altos se obtuvieron en los muestreos del último año 1993, lo que sugiere el aumento de descargas antropogénicas. El amoniaco presente en el agua potable no tiene una importancia inmediata en la salud. No obstante, el amoniaco puede poner en peligro la eficacia de la desinfección, dar lugar a la formación de nitritos en los sistemas de distribución, averiar los filtros para la eliminación del manganeso y crear problemas de sabor y de olor (Winkler, 1986).
- c) Nitratos (NO_3^-). En las aguas superficiales, las concentraciones de nitratos naturales ascienden generalmente a unos pocos miligramos por litro. (OMS,1995). Los nitratos son otros de los factores limitantes en el crecimiento del fitoplancton, siendo utilizados para la síntesis de proteínas, además de otros procesos metabólicos. El nitrato (NO_3^-), al ser asimilado por las algas, es hidrogenado y reducido a amonio (Winkler, 1986). Las estaciones presentan la

misma tendencia durante los 4 años de estudio, con valores: Huajicori, 0.1-0.65 mg/L. Acaponeta, 0.1-0.76 mg/L y Milpas Viejas, 0.1-0.76mg/L (tabla 5b). Este aumento en la concentración de nitratos se explica con el inicio de la temporada de lluvias que ocasiona un lavado de las áreas cultivables, de manera que las aguas fluyen desde la zona del cultivo hasta el cauce del río; a la altura de Milpas Viejas, el uso de fertilizantes en la zona contribuye a la obtención de mayores cosechas y mejores frutos, siendo el exceso de este producto arrastrado hasta el río. Nemerow (1995) considera que una concentración menor de 0.1 mg/L indica que el agua está en una buena condición, mientras que de 0.1 a 0.5 es regular; en esta última caerían la mayoría de los valores reportados para el río Acaponeta. Los nitratos son un elemento de considerable importancia en la calidad del agua en zonas rurales, porque -al presentarse en altas concentraciones en las aguas de consumo- tienen implicaciones en la salud de humanos y animales (Brooks y Cech 1979).

7.1.2.7.- CLORUROS.

Es uno de los iones inorgánicos principales en el agua natural y residual; la concentración de cloruro es mayor en las aguas residuales que en las naturales, debido a que el cloruro de sodio (NaCl) es común en la dieta y pasa inalterado a través del aparato digestivo (A.P.H.A, 1992). Los intervalos observados en los datos para cada estación son los siguientes, en Huajicori 2 a 54 mg/L con un promedio de 15 mg/L. En Acaponeta el valor mínimo fue de 2 y 44 mg/L como máximo y la media de 16 mg/L. Para Milpas Viejas los valores estuvieron entre 2 y 37 mg/L con un promedio de 17 mg/L (tabla 5b). Los criterios ecológicos marcan como límite permitido para riego agrícola 147.50 y para abastecimiento público 250 mg/L; en ningún caso se rebasó este valor (tabla 7). La Organización Mundial de la Salud (OMS) no propone un valor guía basado en criterios sanitarios para el cloruro presente en el agua potable; no obstante, concentraciones superiores a unos 250mg/L pueden alterar el sabor del agua (OMS,1995) (tabla 7). Un contenido elevado de cloruros perjudica el crecimiento vegetal debido al alto contenido de sales (APHA, 1992).

7.1.2.8.- FÓSFORO.

El fósforo es un elemento biológicamente activo, su ciclo atraviesa por muchas etapas en los ecosistemas acuáticos y su concentración en cualquier estado depende de la degradación, de síntesis o descomposición que ocurre en esos sistemas; el fósforo en aguas se presenta en varias formas (particulada y soluble), incluyendo enlaces fosfóricos orgánicos, polifosfatos inorgánicos y ortofosfatos inorgánicos. Son liberados por la descomposición de las células, de manera que los residuos humanos, de animales y las aguas residuales procedentes de industrias que procesan materiales biológicos, como la industria alimentaria, constituyen las fuentes principales de los compuestos de fósforo (Winkler 1986 y Nemerow 1995).

- a) **Fósforo total.** Los fosfatos son nutrimentos fundamentales para el fitoplancton, además de intervenir directamente en los procesos de fotosíntesis; su concentración en la zona fótica limita la producción de materia orgánica e incluso su velocidad de formación (Nemerow, 1995). La concentración de este parámetro se realizó continuamente en Milpas Viejas y esporádicamente en Huajicori y Acaponeta (sólo cuando se sospechaba que podían haber registros altos). Debido a las condiciones propias de la estación, los valores van desde 0.00 mg/L hasta 1.10 mg/L (tabla 5b). Milpas Viejas recibe aguas de retorno agrícola que podrían incrementar su concentración con una sobrecarga de fósforo provenientes de los cultivos. Para las dos primeras estaciones no se creyó necesario el registro continuo de este parámetro por las características de las estaciones, pues se considera que no tienen aportes importantes de fosfatos. Según los criterios de calidad del agua de la EPA (1979), el valor límite de fosfato para agua que no descarguen directamente a lagos y embalses es de 1.00 mg/L, los valores registrados se encuentran por debajo de los límites permisibles, asegurando que el agua puede ser utilizada para los fines establecidos. Las concentraciones de fósforo total de aguas no contaminadas son comúnmente menores que 0.1 mg/L. La pérdida de fósforo por lixiviación de la tierra de cultivo es insignificante de modo que el aporte de fosfato al agua se debe principalmente a la erosión, porque el suelo queda despojado de vegetación (Murphy y Riley, 1962; Mora y Cairncross, 1990; Mitchell y Stap, 1995).
- b) **Ortofosfatos.** Los ortofosfatos son comúnmente iones de ácido fosfórico; todos los fosfatos inorgánicos son considerados en general como PO_4 . Para este parámetro, los valores registrados son de 0.050-2.600 mg/L, presentando las mismas condiciones que los registros de fosfatos. En la estación Huajicori, el valor máximo fue de 0.980 mg/L y el mínimo de 0.049 mg/L; en la estación Acaponeta los valores van de 0.062 a 0.330 mg/L, y en la estación Milpas Viejas, de 0.050 a 0.260 mg/L (tabla 5b). El comportamiento del fósforo total y del fósforo como ortofosfatos se observa muy similar, representando los ortofosfatos -en la mayoría de los registros- más del 50% de fósforo total. En aguas naturales, el fósforo inorgánico (ortofosfatos) soluble es muchas veces menor que 0.01 mg/L. Los detergentes, tanto para uso doméstico como industrial, contienen frecuentemente fosfato para aumentar la efectividad del producto, y el contenido de fósforo de las aguas negras de origen doméstico se origina de los residuos humanos y los detergentes en proporciones aproximadamente iguales (Winkler 1986 y Nemerow 1995).

7.1.2.9.-SULFATOS.

El sulfato es uno de los aniones menos tóxicos; sin embargo, en grandes cantidades se han observado catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal (Raiswell, *et al.*, 1983). Los sulfatos tienen enorme importancia ambiental porque forman compuestos con muchos agentes tóxicos, material orgánico y con el hidrógeno en aguas superficiales y es el primer agente acidificante en muchos ríos. Considerando los resultados la concentración de sulfatos no representa ninguna preocupación en su manejo. Los valores registrados en el río Acaponeta

se encuentran bajo el límite de la norma, mostrando como valores máximos 53 mg/L, 60 mg/L y 56 mg/L para cada estación, respectivamente (tabla 5b y 7). Los sulfatos están presentes en forma natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química. Se descargan en el agua a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos, no obstante, las mayores concentraciones se dan, por lo común, en las aguas subterráneas y procedentes de fuentes naturales. Los sulfatos están casi siempre presentes en el agua potable. La OMS recomienda 400 mg/L de sulfatos en agua potable como valor límite, en Canadá 500 mg/L y en Estados Unidos es de 250 mg/L; este último coincide con la normatividad mexicana (CNA, 1992). El límite establecido está basado mayormente en el sabor más que en los problemas de salud. (APHA, 1992).

7.1.2.10.- ACEITES Y GRASAS.

La técnica de grasas y aceites detecta cualquier material recuperado como una sustancia soluble en triclorofluoroetano, lo cual incluye otros materiales extraídos por el solvente a partir de una muestra acidificada (tales como los compuestos sulfurosos, ciertos tintes orgánicos y clorofila) y que no se volatilizan durante la prueba. Por lo tanto, la determinación de grasas y aceites es cualitativa, no una medición como tal; muchas veces, grupos de sustancias con características físicas similares son determinadas sobre la base de su solubilidad común en la metodología de extracción (APHA, 1992). En las tres estaciones los valores de este parámetro son muy similares, teniendo como promedio 47, 45 y 48 mg/L, respectivamente, con intervalos de 27 a 87 mg/L, 5.6 a 111 mg/L y 11 a 98 mg/L (tabla 5b). Esto indica un aporte de aguas de origen doméstico (Winkler, 1990). Los criterios ecológicos mexicanos marcan, para fuente de abastecimiento de agua potable, que las grasas deben estar ausentes en el sistema (tabla 7); para otros usos no se marca un valor pero los datos muestran que la concentración en este parámetro es muy constante y no es recomendable para potabilización, riego o uso pecuario. Su presencia en cantidades excesivas puede interferir con los procesos aeróbicos y anaerobios (Bernarde, 1973; Rodier, 1990).

7.1.2.11. - SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM).

Los surfactantes aniónicos se encuentran entre las más destacadas de las muchas sustancias, naturales y sintéticas, que muestran actividad al azul de metileno (APHA, 1992). Los muestreos de este parámetro fueron 4 en las dos primeras estaciones y 5 en Milpas Viejas; los valores en la estación Huajicori son de 0.01-0.25 mg/L; en Acajoneta de 0.028-0.26 mg/L, y de 0.02 a 0.24 mg/L en Milpas Viejas (tabla 5b). Para las SAAM, los criterios ecológicos marcan como máximo 0.5 mg/L para fuente de abastecimiento de agua potable y en ninguno de los datos reportados se sobrepasó este valor. En este caso los monitoreos no fueron tan continuos y en 7 de los 13 muestreos se obtuvieron valores que superaban el límite indicado para la protección a la vida acuática dulceacuícola y marina (0.1000 mg/L). Cabe señalar que, en este río, la toxicidad de los detergentes puede ser significativa, pues es mayor a medida que se incrementa la dureza de las aguas (Sawyer, *et al.*, 1994).

7.1.3. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS.

Las enfermedades infecciosas causadas por bacterias es el riesgo para la salud más común y difundido que lleva consigo el agua potable. Las enfermedades infecciosas se transmiten principalmente a través de las excretas de seres humanos y animales, la contaminación fecal de las fuentes de agua en la zona rural es muy probable (OMS, 1995). El uso de esa agua para beber o preparar alimentos, el contacto con ella durante el baño o el lavado de ropa e incluso la inhalación de vapor de agua o aerosoles pueden producir la infección. Desde hace tiempo se reconoce que los organismos del grupo coliforme son un buen indicador microbiano de la calidad del agua potable, debido principalmente a que su detección y recuento en el agua es fácil (APHA, 1992).

El contenido de bacterias depende de gran variedad de factores, como el flujo de las corrientes, lluvias y asentamientos humanos en la zona. El grupo de bacterias coliformes se encuentra normalmente en el intestino de los animales de sangre caliente. La presencia en el medio se utiliza comúnmente como indicador biológico de contaminación (Roque 1993).

Se denominan "organismos coliformes" las bacterias Gramnegativas, en forma de bastoncillos, que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensioactivos con propiedades de inhibición del desarrollo similar y fermentan la lactosa a-35-37°C, produciendo ácido, gas y aldehído en un plazo de 24 a 48 horas. Dentro de la técnica, se mencionan dos variables de coliformes, a saber coliformes totales y coliformes fecales (OMS, 1995).

Tabla 6.- Estadísticos descriptivos de los parámetros bacteriológicos.

Estadístico	Huajicori				Acaponeta				Milpas Viejas			
	MAX.	MIN	PROM	DESV EST	MAX.	MIN	PROM	DESV EST	MAX.	MIN	PROM	DESV EST
COLTOT NMP/100ML	9300	40	2430	2945	240000	43	45690	80300	240000	460	47422	68616
COLFEC NMP/100ML	13200	40	2864	4308	240000	28	39830	82167	240000	20	40065	70182

7.1.3.1.- COLIFORMES TOTALES.

Las coliformes fecales se encuentran en las heces humanas y de otros animales de sangre caliente, comprenden el género *Escherichia* y, en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes termorresistentes distintos a *E. coli* pueden proceder también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo, de efluentes industriales, o de materias vegetales y suelos en descomposición. Por ello, el término de coliformes "fecales" que se les aplica con frecuencia no es del todo correcto. Es poco probable que los organismos coliformes termorresistentes vuelvan a desarrollarse en el sistema de distribución, a menos que estén presentes nutrientes bacterianos en cantidad suficiente o que materiales inadecuados entren en contacto con el agua tratada, que la temperatura de ésta sea superior a 13°C y que no exista en ella cloro

residual en estado libre (OMS, 1995). Las bacterias heterótrofas son muy importantes en la purificación biológica porque descomponen el sustrato e incorporan nutrientes inorgánicos para beneficio de otros organismos. En Huajicori se obtuvieron valores de 40 y 45 NMP/100ml como los más bajos, y como los valores más altos 7,500 y 9,300 NMP/100ml; los demás muestreos tenían concentraciones cercanas a 1,000 (tabla 6). Los valores mínimos de Acajoneta son 210 y 43 NMP/100ml, teniendo como datos más elevados 240,000 NMP/100ml; de manera general, los valores sobrepasan los 10,000 NMP/100ml. En Milpas Viejas el valor menor fue de 460 NMP/100ml y el mayor fue 240,000 NMP/100ml; aquí también más del 50% del registro fue superior a 10,000 (tabla 6). Para coliformes totales se tienen varios límites marcados por los criterios ecológicos de acuerdo con el uso a que se destine el agua, la utilización del agua para uso potable marca un límite de 200 NMP/100ml. En Huajicori -destinada para abastecimiento público y potabilización- supera, en la mayoría de los muestreos, este límite; aun considerando, un tratamiento convencional, el límite sería de 1,000 NMP/100ml, que también es rebasado varias veces. Para Acajoneta, los valores están por encima del límite que -de acuerdo a su uso agrícola- sería de 1,000 NMP/100ml (tabla 7). Por último, Milpas Viejas -que tiene como límite 10,000, agua adecuada para uso recreativo, conservación de flora y fauna, y usos industriales- registró 68,616 NMP/100ml como valor promedio, rebasando por mucho el límite, indicando mayor contaminación de este punto. Es evidente en los resultados de este parámetro la mayor influencia antropogénica en las estaciones de Acajoneta y Milpas Viejas.

7.1.3.2.- COLIFORMES FECALES.

Las coliformes fecales también tuvieron un comportamiento semejante al de coliformes totales. Se registraron concentraciones elevadas: el valor máximo fue de 240,000 NMP/100ml en las estaciones Acajoneta y Milpas Viejas (concentración significativa -tabla 6-); en este parámetro los Criterios Ecológicos marcan como límite 1,000 NMP/100ml para fuente de abastecimiento y riego agrícola, solamente en 6 de los muestreos se registró un valor menor a la norma (tabla 7). Y para uso de agua potable debe estar ausente, en todos los muestreos de la estación Huajicori se registraron altas concentraciones de coliformes fecales. En este parámetro es evidente la contaminación de origen antropogénico del río Acajoneta.

Cabe señalar que el río está sujeto a influencias debidas a la actividad humana, y en el cauce recibe las descargas residuales de varias poblaciones entre ellas Huajicori, Acajoneta, Tecuala, Milpas Viejas y Quimichis, así como los productos derivados de la elaboración de harina de Maíz y de las compañías minera de Naylor y Victoria Guadalupe (estas últimas vierten sus aguas en los arroyos Caramata y las Vevas, afluentes del río Acajoneta) todas estas descargas tienen alta dilución en época de lluvias, pero los efectos se observan en la temporada de estiaje. Otro factor de importancia en la zona es la planta almacenadora de amoníaco anhidro (principal fertilizante del área), ubicada a 1 km de la estación 2, Acajoneta. Para el manejo de estos desagües se cuenta con dos plantas: una de sedimentación y otra de tratamiento primario. Además se está

desarrollando el represamiento y tres granjas de cultivo de camarón para aprovechar las aguas del sistema (CNA, 1994 y SEPESCA, 1995). Es importante percatarse de las condiciones que todas las aguas naturales contienen varios contaminantes que provienen de la erosión, la lixiviación y los procesos del intemperismo del suelo. El agua erosiona, levanta y transporta los materiales del cauce. Además, las sales minerales acarreadas por las corrientes desde las cuencas alimentadoras son transportadas hacia otro ecosistema muy lejos de la zona de origen. A esta contaminación natural se agrega aquella causada por aguas residuales de origen doméstico o industrial, que se pueden eliminar de varias maneras, por ejemplo, en el mar, la tierra, en estratos subterráneos o, más comúnmente, en aguas superficiales. Cualquier cuerpo es capaz de asimilar cierta cantidad de contaminantes sin efectos serios debido a los factores de dilución y autopurificación que están presentes. Si hay contaminación adicional, se altera la naturaleza del agua receptora y deja de ser adecuada para sus diferentes usos. Así, es de gran importancia comprender los efectos de la contaminación y conocer las medidas de control disponibles para el manejo eficiente de los recursos hidráulicos.

Tabla 7.- Valores límites de la calidad de agua potable a nivel nacional e internacional.

Parámetro	EUA	Organización Mundial de la Salud	CANADA	Comunidad Económica Europea	México
Temperatura °C	-16 - -	N	15°C	C.N	C.N +/-2.5
Turbidez UNT	1.0-5.0	<1	5	0-4	<10
Color (Pt/Co)	15	15	15	20	20
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.50
Dureza mg/L de CaCO ₃	N	500	N	N	300
Cloruro mg/L	250	250	250	250	250
Sulfato mg/L	250	400	500	25	250
Nitrato mg/L	0.05	0.1		0.1	0.05
Amonio mg/L	0.1	0.1	1.0	0.1	0.1
Fósforo mg/L	0.05		0.05	0.05	0.1
SAAM mg/L	0.5	N	N	0.1	0.5
Sólidos disueltos totales mg/L	500	1000	500	N	N
Coliformes NMP/100ml	1	0	10	0	1000

N= Valor no especificado. C N =Condiciones Naturales

Fuente: Sayre, 1988, C.C.R.E.M., 1987; USEPA 1984, DOF, 1989, WHO, 1984, APHA, AWWA 1992

Los contaminantes se comportan de diferentes maneras cuando se agregan al agua. Los materiales no conservativos que incluyen a la mayoría de las sustancias orgánicas, algunas sustancias inorgánicas y muchos microorganismos se degradan por los procesos naturales de autopurificación, de modo que sus concentraciones se reducen con el tiempo (U.S. Geological Survey, 1996; USEPA, 1984; Reynolds, *et al.* 1994; Nemerow, 1995).

7.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE DISCRIMINANTES

Para poder delimitar más acertadamente agrupando los datos, se aplicó una técnica de análisis multivariado de componentes principales (CP) utilizando todos los parámetros obtenidos en los muestreos. Este método es una combinación de análisis estadísticos, de correlación, varianza y regresión que analiza simultáneamente el arreglo de la distribución interrelacionada y la variabilidad de los datos, para transformar la información y caracterizar los procesos, composición y análisis de los datos más esenciales, que son importantes cuando se analizan las fluctuaciones observadas en las características individuales del sistema. El método, según Berdautseva y Leonov (1992), permite cuantificar la interrelación entre las características de los parámetros dados, que afectan el estado natural del agua.

Se utilizó un procedimiento multivariado para analizar la estacionalidad de los datos (Análisis de discriminantes canónicos). Se usaron los meses de muestreo como función discriminante; el análisis de discriminantes resume la diferencia entre los meses, de igual forma que un análisis de componentes principales resume la variación total de una muestra (Tabla 8). Se usó este análisis porque interesaba describir el comportamiento estacional global del cuerpo de agua. Para analizar el comportamiento de cada variable, se usaron análisis de series de tiempo; específicamente, las funciones de autocorrelación (Tabla 9).

Tabla 8. - Análisis estadístico de discriminantes

Función del análisis de discriminantes	Wilks' Lambda: 0.00469
No. de variables 16	Aprox. F (75,128) = 3.5411
Categoría que agrupa: mes (6 grupos)	p= 0.0000

Tabla 9. - Cuadro con los niveles de p calculada en el análisis de discriminantes.

Mes	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre
Enero	-	0.333012	0.136019	0.000007	0.004222	0.008854
Marzo	0.333012	-	0.084124	0.000052	0.019346	0.002622
Mayo	0.136019	0.084124	-	0.000008	0.000872	0.000137
Julio	0.000007	0.000052	0.000008	-	0.002366	0
Septiembre	0.004222	0.019346	0.000872	0.002658	-	0.000067
Noviembre	0.008854	0.002622	0.000168	0	0.000067	-

Para evaluar el análisis se contó con un valor Wilks' Lambda y su "p" (nivel de confianza). Por otro parte, también se contó con comparaciones pareadas de los meses; resultantes del mismo análisis (Tabla 10). Asimismo, se usaron estos valores (Wilks' Lambda y su "p") para explorar la importancia relativa de las variables simples (parámetros medidos); este análisis canónico proporciona mucha información sobre el peso (o importancia) de cada variable que produce un patrón global de comportamiento (Tabla 11).

Tabla 10.- Cuadro que muestra las variables pareadas.

Función de discriminantes	Wilks' Lambda	Lambda Parcial	F=removida (5.26)	p-nivel	Tolerancia	1-Tolerancia (R-cuadrada)
Variables						
Temperatura del agua	0.005005	0.937953	0.343985	0.881390	0.468488	0.531512
Temperatura ambiente	0.006078	0.772370	1.532524	0.214289	0.479220	0.520780
Turbiedad	0.008354	0.561901	4.054304	0.007463	0.209960	0.790040
pH	0.009677	0.485097	5.519507	0.001359	0.666577	0.333423
Color Pt/Co	0.006635	0.707517	2.149642	0.091083	0.748288	0.251712
Oxígeno disuelto	0.006428	0.730246	1.920889	0.125082	0.359950	0.640050
Dureza total	0.006659	0.704942	2.176495	0.087764	0.143272	0.656728
Dureza de Calcio	0.006557	0.715908	2.063501	0.102623	0.147940	0.852060
Sulfatos	0.006912	0.679191	2.456165	0.059743	0.534926	0.465074
Cloruros	0.006818	0.688574	2.351834	0.068925	0.322919	0.677081
DBO ₅	0.007104	0.660808	2.669157	0.044718	0.504441	0.495559
DQO	0.006535	0.718326	2.039086	0.106156	0.364401	0.635599
Nitrógeno amoniacal	0.008200	0.572453	3.883720	0.009216	0.542136	0.457864
Nitratos	0.009556	0.491256	5.385102	0.001577	0.495620	0.504380
Sólidos totales	0.008028	0.584728	3.69303	0.011706	0.296256	0.703744

Tabla 11.- Resultados del análisis estadístico de discriminantes (coeficiente estandarizado para variables canónicas).

VARIABLES CANONICAS					
Variables	1 RAÍZ	2 RAÍZ	3 RAÍZ	4 RAÍZ	5 RAÍZ
Temperatura del agua	0.10202	-0.37324	0.09144	-0.16224	0.09552
Temperatura ambiente	-0.49995	0.2569	0.14286	-0.57848	-0.36615
Turbiedad	1.05576	0.17242	0.91785	-0.97164	0.672052
pH	0.57932	0.52999	-0.64445	-0.168304	0.196022
Color Pt/Co	-0.57086	0.06703	-0.36744	-0.046204	0.250679
Oxígeno disuelto	0.319	-0.71168	-0.41837	-0.49393	0.446888
Dureza total	0.11545	1.49546	-0.65859	-0.07199	-0.62012
Dureza de Calcio	-0.05222	-1.46046	0.25401	0.204799	0.896198
Sulfatos	-0.28323	-0.46076	-0.30883	0.142241	-0.934643
Cloruros	-0.01643	0.96297	0.49492	-0.14292	-0.594852
DBO ₅	0.68928	-0.49193	-0.03514	-0.39195	0.134848
DQO	-0.47175	-0.65365	-0.36305	0.441922	0.518878
Nitrógeno amoniacal	0.32467	0.95814	0.11385	-0.13141	0.0673
Nitratos	-0.65339	-0.19676	-1.00574	-0.08953	0.267243
Sólidos totales	-1.09927	0.46316	0.03161	0.461475	-0.49937
Eigenvalor	6.96355	2.84507	1.43275	0.854674	0.541869
PROBABILIDAD ACUMULADA	0.551	0.77613	0.8895	0.957124	0.99

Los valores de la primera variable canónica y la segunda variable canónica -las cuales son las que explican un mayor porcentaje de la variación (en este

caso, diferencias) de nuestros datos 78%- pueden ser graficadas para tener una aproximación visual cualitativa del comportamiento de las variables a lo largo de nuestra función discriminante (en este caso, el tiempo, "meses"). Como se aprecia en la gráfica (figura 3), diferentes meses forman cúmulos de puntos que nos señalan "estaciones" y -siguiendo la secuencia temporal de los meses- podemos definir el comportamiento estacional del cuerpo de agua en función de toda una serie de variables, o en este caso, parámetros fisicoquímicos. El análisis de CP examina las variables y las unifica en índices individuales, expresando las tendencias de la variabilidad del sistema. El análisis de la afinidad de los datos por CP ayudó en este caso a descubrir la estructura causa-efecto del fenómeno. La variable canónica 1 y 2 son las que se consideraron para crear la gráfica.

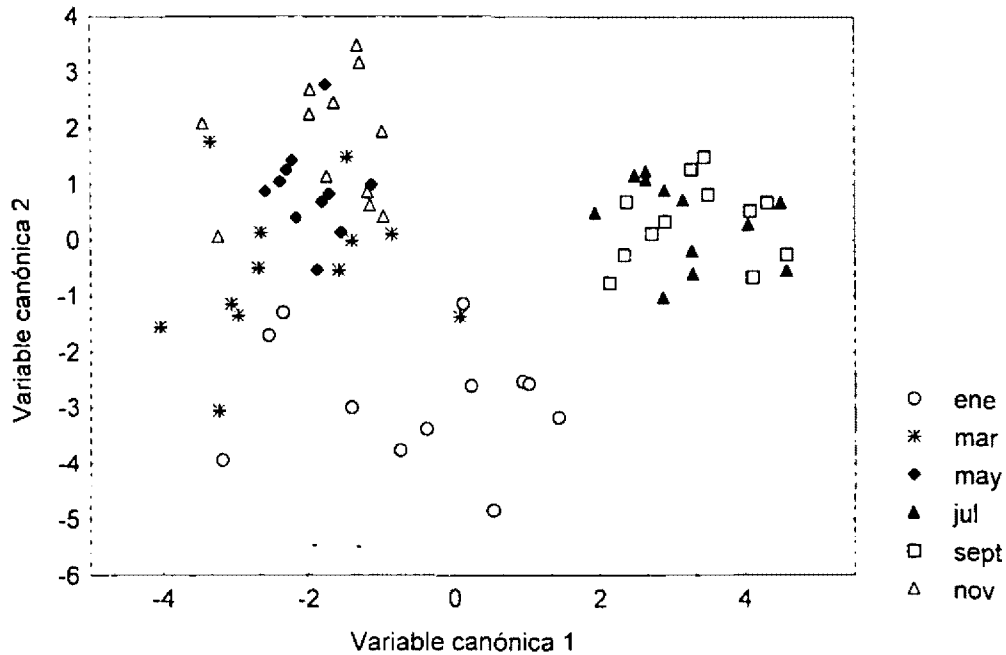


Figura 3 - Gráfica obtenida del análisis de discriminantes y componentes principales.

En la gráfica se observan claramente tres agrupaciones: la que está cercana al borde derecho corresponde a los meses de julio y septiembre, es decir, claramente época de lluvias; el grupo más cercano al límite inferior corresponde al mes de enero, en el que durante estos años se presentó el fenómeno de vientos anticiclónicos fríos y secos (los vientos del oeste acarrearán embebidas en su corriente algunas perturbaciones propias de las latitudes medias, como vórtices fríos y depresiones ciclónicas), afectando la zona en estas fechas (Morales, *et al.* 1993), y el tercer cúmulo agrupa los meses de marzo, mayo y noviembre que

corresponden época de secas. Estos resultados corroboraría la impresión generalizada de que en la zona tropical no se sigue el patrón anual de 4 estaciones, sino de 3; época lluvias, época de secas fría y época de secas.

7.3. ANÁLISIS DEL RESULTADO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Para conocer la calidad del agua del río Acaponeta se calculó el Índice de Calidad del Agua (ICA) por el método de SARH (1979) y León (1991), en el que se consideró 16 parámetros (Tabla 3). Muchos factores pueden afectar la calidad del agua del río, las condiciones pueden, fluctuar periódicamente y, midiendo la calidad del agua, puede determinarse qué tan segura es para el uso al que sea destinada, o bien si es inaceptable para otro propósito. Por ello, la calidad del agua se define en base con el uso específico. Las categorías usadas para hacer recomendaciones sobre los usos del agua son: Agua para abastecimiento doméstico o industrial, recreación, protección de organismos acuáticos, agricultura y navegación ó generación de energía eléctrica. De manera general, los intervalos del ICA tienen la siguiente clasificación (CNA, 1994; Mitchell y Stapp, 1995).

ICA	Clasificación
90-100	Excelente
70-90	Buena
50-70	Media
25-50	Malá
0-25	Muy Mala

Tabla 12.- Índice de calidad para los muestreos realizados en el Río Acaponeta.

FECHA	HUAJICORI	ACAPONETA	MILPAS VIEJAS
16/01/90	66	68	54
19/03/90	37	36	36
28/05/90	43	44	46
30/07/90	36	37	41
24/09/90	72	66	83
24/11/90	56	40	50
26/01/91	69	39	45
7/04/91	51	36	54
02/06/91	50	51	51
28/07/91	46	52	53
22/09/91	45	49	48
24/11/91	49	54	60
26/01/92	56	59	51
22/03/92	60	75	53
24/05/92	47	46	57
26/07/92	59	50	45
27/09/92	47	49	43
22/11/92	50	43	45
24/01/93	57	45	50
28/03/93	36	50	45
23/05/93	47	48	46
25/07/93	53	57	56
3/10/93	49	45	44
28/11/93	53	52	50

En la estación Huajicori, cuyo aprovechamiento es para abastecimiento público, el valor mínimo fue de 36 en marzo y julio de 1990 (tabla 12), por lo que se define fuertemente contaminada y su consumo es riesgoso (tabla 14); el valor máximo de 72 en septiembre del mismo año también indica una leve contaminación, lo que implica que sin purificación su consumo es riesgoso. Los valores caen en un intervalo de 36 a 72 en la estación, que a *grosso modo* indicó calidad de mala a buena (figura 4) y en su utilización de abastecimiento público -la tabla 14- hasta un valor de 40 da una calificación de no aceptable, de 40 a 45 es dudoso y de 45 a 80 necesita tratamiento. En este punto, además de potabilidad se usa para riego, para lo cual no presenta problemas. Posteriormente recibe las descargas municipales de Huajicori, del 86 Batallón de Infantería y la industria de la Minera "Nayoro S. A."

En el segundo sitio de muestreo "Acaponeta", donde las aguas son usadas para agricultura; el ICA menor fue de 36, que -de acuerdo con la tabla 14- tratamiento es útil para la mayor parte de la industria, incluyendo la agricultura; el mayor valor en esta estación (75) es el apropiado para riego (el uso recomendado para este sitio). El ICA se registra desde 36 a 75, intervalo muy similar al de la estación anterior -variando de calidad entre mala y buena (figura 4)-; en este punto son las desembocaduras de las descargas municipales de Acaponeta y la industria de harina de maíz las que empeoran la calidad, aquí se encuentran lagunas de sedimentación para tratar el agua antes de incorporarse al cauce del río Acaponeta. Aguas abajo, el recurso se utiliza con fines de riego agrícolas en cultivos de frijol, tabaco, maíz, sorgo y melón. De acuerdo a su uso, ICAs de 35 a 45 requieren de tratamiento si el agua usa en la industria, para ICAs de 45 a 90 se recomienda una ligera purificación para algunos procesos, como la agricultura; debido al tipo de cultivo se observa con valores aceptables (tabla 14).

Para Mitpas Viejas, el índice más bajo fue 36 en marzo de 1990 y el valor de calidad más alto de 83 en septiembre de 1990; la calidad fluctuó de mala a buena (figura 4). La mayoría de resultados en este punto son de 40 a 55% de pureza, la cual sólo se considera aceptable para organismos muy resistentes y, en el mejor de los casos, excluye especies sensibles (tabla 14). De acuerdo a la clasificación, los valores de 45 a 70 afectaron a especies sensibles y cuando se presentaron valores superiores a 70 fue aceptable para todos los organismos. En este sitio, las aguas del río Acaponeta reciben prácticamente los retornos agrícolas y es la parte terminal del sistema. Sin embargo, se consideró su uso como pesca y vida acuática, debido a que el Río Acaponeta se conecta y dirige sus aguas al sistema lagunar de Teacapan y Agua Brava, que tiene una gran importancia en cultivos acuícolas (SEPESCA, 1995).

Con este método se calculó un promedio mensual que se graficó en la figura 5. Se observa un comportamiento muy similar en las tres estaciones, notándose que los más altos valores -que corresponderían a una mejor calidad- se dan en la estación 1, Huajicori. El análisis de parámetros en términos del Índice de Calidad del Agua "ICA" expresa la calidad con respecto al uso del agua en la fecha de muestreo o como un porcentaje del agua pura, es decir, en agua altamente contaminada el valor será de 0% de pureza y para el agua en

excelentes condiciones será de 100% de pureza. El ICA expresa un porcentaje promedio del efecto que causan los diferentes niveles de cada uno de los parámetros medidos en el río Acajoneta en el momento de la toma de muestra.

En la figura 4 se grafican los porcentajes de pureza calculados en las tres estaciones. Describe las fluctuaciones entre el intervalo de 35 a 80, variaciones resultado de los parámetros; es aquí donde se observa el efecto y perturbaciones en las condiciones naturales del un sistema lótico que aparentemente se percibe inalterado, pero el Índice lo ubica en aguas ligeramente contaminadas. Aunque en los tres diferentes puntos se ha determinado una utilización específica, a lo largo del río se observa consumo y contacto directo de los pobladores en la zona, aprovechando y descargando agua de acuerdo a sus necesidades.

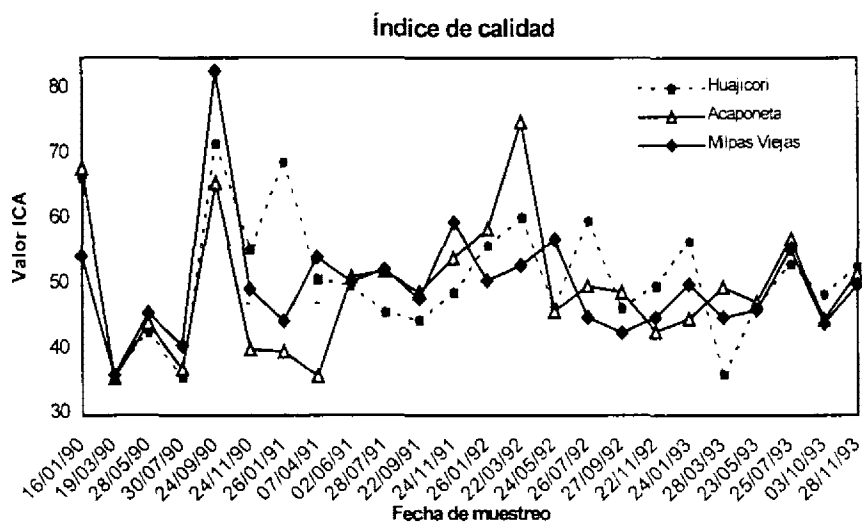


Figura 4.- Índice de calidad del agua del río Acajoneta en todos los muestreos (1990-1993).

Tabla 13.- Índice de calidad promedio para los meses de muestreo realizados de 1990 a 1993 en el Río Acajoneta.

MES	HUAJICORI	ACAPONETA	MILPAS VIEJAS
PROMEDIO ENERO	65	55	54
PROMEDIO MARZO	45	42	44
PROMEDIO MAYO	58	56	56
PROMEDIO JULIO	62	57	56
PROMEDIO SEPTIEMBRE	50	50	44
PROMEDIO NOVIEMBRE	53	47	51

La figura 5 grafica los promedio mensuales de pureza y muestra un comportamiento muy similar en las tres estaciones, las cuales que presentan cambios de nuevo atribuibles a la estacionalidad.

Índice de calidad

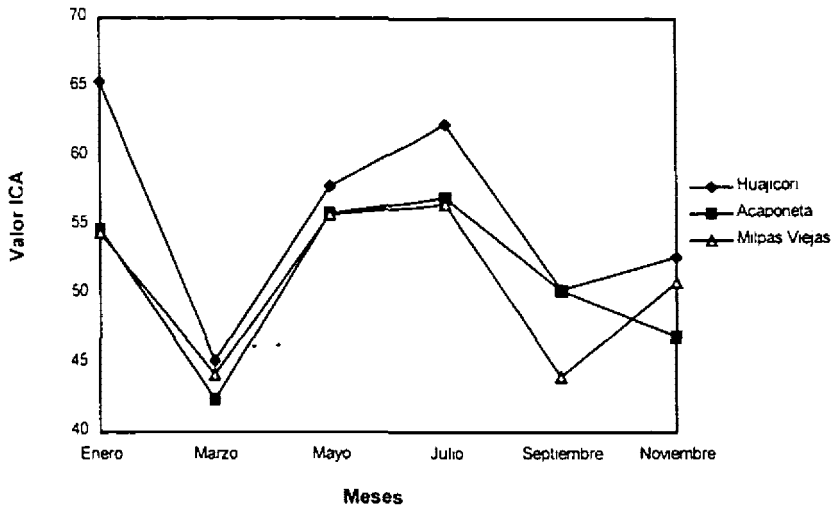


Figura 5 - Índice de calidad promedio de los meses de muestreo de 1990 a 1993 en el río Acaoneta.

Tabla 14 - Escala de calificación general de la calidad de agua (León, 1991).

Calificación	Abastecimiento público	Recreación	Pesca y vida acuática	Industria y agricultura	Navegación y transporte
100	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación	Aceptable
90	Ligera purificación			Ligera purificación para algunos procesos	
80	Necesidad de tratamiento	Aceptable no Recomendable	Excepto especies sensibles	Sin tratamiento para la industria	
70					
60	Dudoso	Dudoso contacto con agua	Sólo organismos muy resistentes	Con tratamiento en la mayor parte de la industria	
50					
40	No aceptable	Sin contacto con agua			
30		Señal de contaminación	No aceptable	Uso muy restringido	Contaminada
20				No aceptable	No aceptable
10		No aceptable			
0					

8. CONCLUSIONES.

1.- Con relación a los parámetros físicos y químicos, la calidad del agua del Río Acajoneta está dentro de los niveles permitidos por la Legislación Mexicana Relativa al Agua y su contaminación, en los criterios ecológicos de calidad de agua publicados en el diario oficial de la federación el 13 de diciembre de 1989.

2.- El Río Acajoneta presenta una zona de aguas claras y limpias en la estación #1, llamada Huajicori, y otra zona en la estación #2, Acajoneta, donde las aguas se enturbian y el cauce es mayor, y en la estación # 3 Milpas Viejas donde a pesar de la gran cantidad de sólidos suspendidos que lleva, se observa una recuperación en los demás parámetros.

3.- La concentración de los parámetros físicos y químicos están, en su mayoría por debajo de los límites permisibles; sin embargo, las concentraciones de dureza son elevadas, considerando así el agua ligeramente dura, y gran cantidad de sólidos tanto de suspendidos y disueltos. Es necesario continuar monitoreando estos elementos e incluir otros que indiquen la presencia de agroquímicos, ya que es evidente el arrastre de suelo.

4.- El material orgánico presente en el Río Acajoneta es principalmente biodegradable y proviene de descargas municipales y residuos agrícolas, que - hasta el momento del estudio- el sistema ha efectuado su descomposición lenta pero de manera satisfactoria.

5.- El uso al que es destinado el río debe ser revisado o considerar opciones de tratamiento.

6.- En las tres estaciones, las concentraciones de coliformes totales y fecales indican claramente contaminación con posibles riesgo de infección, señalando el origen antropogénico que puede resultar en impactos adversos al sistema y a los cultivos sensibles.

7.- Los parámetros físicos químicos y bacteriológicos muestran una influencia estacional que se comprobó en el análisis de componentes principales y el cálculo de ICA, indicando la influencia notoria en el comportamiento marcado por la época de lluvias, secas y nortes.

8.- El desarrollo de la zona está estrechamente vinculado con el uso y aprovechamiento del agua, el que -a la vez- está condicionado en forma importante por el significado económico, social, ambiental y psicológico que se otorgue a este elemento. El valor que tiene el agua es mayor si su uso está dirigido hacia las actividades que reporten mayores beneficios a la comunidad.

9.- El aprovechamiento hidráulico en la zona tiene valor ambiental, aunque sea menos claro. Debido a que el ecológico es generalmente perceptible en el largo plazo, y repercute en grupos ajenos a quienes hacen uso del agua; no obstante, las consideraciones ambientales son imprescindibles para preservar la calidad del líquido y de otros recursos asociados a su uso.

10.- Es evidente que el aporte de agua dulce y nutrimentos al sistema lagunar es una condición necesaria para mantener la productividad de la costa. De la misma manera existe una relación entre la estacionalidad de las lluvias y los ciclos de vida de las especies explotadas comercialmente. La productividad por métodos de acuacultura requiere de niveles óptimos de calidad de agua, condición que se ve disminuida por la presencia de agroquímicos.

11.- La erosión ocasionada por la corriente tiene dos vertientes: una química y otra física. La presencia en el agua de ácidos débiles como los carbónicos y los húmicos facilitan la descomposición de la caliza y de otras rocas. La erosión mecánica depende de la velocidad del río.

12.- De acuerdo con el ICA, la calidad del río Acaponeta en los tres puntos de muestreo es muy similar y fluctúa de "mala" a "buena", esto señala la presencia de contaminación en el río.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, R. M.; F. L. Amezcua y A. A. Yáñez. 1986. **Ecología y estructura de las comunidades de peces en el sistema lagunar Teacapán- Agua Brava, Nayarit, México.** *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón, México.* 13(1): 185-242.
- Alvarez, B.; F. Amezcua y M. Alvarez. 1990. **Análisis de la diversidad, amplitud y traslape de nicho en la comunidad de peces del sistema Teacapán- Agua Brava, Nayarit. Ecología y estructura de las comunidades de peces en el sistema lagunar Teacapán- Agua Brava, Nayarit, México.** *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón, México.* 17(2): 215-240.
- Andrade, A. E. 1997 **Contribución al estudio de la Calidad del agua del Río Papaloapan.** Tesis Lic. Biología. UNAM ENEP Iztacala. 73 pp.
- APHA, AWWA, WPCF. 1992. **Standard Methods for the examination of water and wastewater. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales).** 18ª. Ed. Editado por Clesceri, L. S.; Greenbery A. E y Trussel, R. R. American Public Health Association, Inc. Washington, D. C., 1134 pp.
- APHA, AWWA, WPCF. 1992. **Examen microbiológico de las aguas. Parte 9000. En Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales).** Editado por Díaz de Santos. España 1/9-260 pp.
- Armengol, J. 1981. **Ecología del Zooplancton de los embalses.** *Mundo Científico.* 2. (11), pp 158-178.
- Babbitt, H. E. 1955. **Water supply engineering.** 4ªEd. McGraw Hill, New York. 637pp.
- Barrera, T. 1931. **Exploración de la industria minera en la región Noroeste de la República Mexicana.** Instituto de Geología. UNAM. México. 31pp.
- Berdautseva, L. B. y V. A. Leonov. 1993. **"Analysis of hydrochemical data for evaluating the state and quality of river water"**. Plenum Publishing Corporation. Moscow State University. pp 419-432.
- Bernarde, M. A. 1973. **Land Disposal and Sewage Effluent: Appraisal of health Effects of Pathogenic Organisms.** *J. Amer. Water Works Ass.* Vol. 65 pp 432-440.
- Brown, R. M. 1970. **"A Water Quality Index- Do We Dare".** *Water Sewage, Work* 11 pp. 339-343.
- Brooks, D y I. Cech. 1979. **Nitrate and bacterial distribution rural domestic water supplies.** *Water Research.* Vol. 13:33-41.
- Camargo, H. J. 1980. **Erosión y sedimentación en obras Hidráulicas. Pérdida de suelos en Cuencas.** Facultad de Ingeniería. U.N.A.M. pp 23-24.
- Canadian Council of Resources and Enviromental Ministers, March 1987. **Canadian Water Quality Guidelines.**
- Casas, M. V. M. 1990. **Problemática de la calidad del agua y suelo en el estado de Nayarit.** Informe Técnico. S.A.R.H. y C. N. A. Gerencia estatal de Nayarit.

- CETENAL. Carta hidrológica de aguas superficiales esc. 1:250 000 spp clave escuinapa F 13-5
- Cepeda, G. H. 1977. **Características mareográficas en la Mancha, Tabasco y Agua Brava.** *An. Inst. Geof.* 5: 105-115.
- C.N.A. Comisión Nacional del Agua. 1989. **Calidad requerida para uso y aprovechamiento del agua.** México
- C.N.A. 1990. **Manual Técnico para uso, aprovechamiento y manejo de aguas residuales en riego agrícola.** Junio 1990. México.
- C.N.A. 1990. **Diagnostico Ambiental del proyecto de infraestructura hidroagrícola Acajoneta-Cañas.** IDDECSA. México. 113pp.
- C.N.A. 1992. Resultados de análisis fisico-químicos y bacteriológicos período 1990 de los Ríos Mololoa, Compostela, Santiago, Ixtlán y San Pedro. Gerencia Estatal de Nayarit.
- C.N.A. 1993. **Criterios de evaluación del agua.** Gerencia estatal de Nayarit. Subgerencia de admon. del agua Depto. de calidad y reutilización del agua. Tepic. 29pp.
- C.N.A. 1994. **Red Nacional de monitoreo de la calidad del agua del sistema de información de calidad del agua.** Gerencia estatal. Ing. Irma R. Sillas Meza.
- C.N.A. 1995. **Contaminación de las diferentes redes hidrológicas del país.** Gerencia de Potabilización y saneamiento del agua. México. D. F. pp.417-441.
- C.N.A., 1995a. **Manual para la aplicación de Técnico que reduzcan los impactos ambientales en el uso y manejo de las aguas residuales para riego agrícola.** México. 32pp.
- C.N.A. **Consulta de datos meteorológicos de las estaciones de Acajoneta y Tecuala en Nayarit.** Servicio Meteorológico Nacional de la Ciudad de México.
- Curry, J. R. y D. G. Moore. 1963. **Sedimentos e historia de la Costa de Nayarit.** *Bol. Soc. Geol. Mexicana.* 26 (2):107-116.
- Curry, J. R. y D. G. Moore. 1964. **Pleistocene deltaic progradation of continental terrace, Costa de Nayarit, Méx.** *Marine Geology of the Gulf of California. Am. Assoc. Petrol. Geol.* Tulsa, Oklahoma. (9) 13-215
- De la Lanza, G. E. y C. Cáceres. 1994. **Lagunas Costeras y el litoral Mexicano.** Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz. 525pp.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION. 1989. NOM-CECA-01-89. **Criterios Ecológicos de la Calidad del agua.** Publicado el 13 de Diciembre de 1989. México.
- Diario Oficial de la Federación. 1994. NOM-059-ECOL-1994. Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos CT-CERN-001-94 que determinan las especies raras, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial y endémismos en la República Mexicana. Especies de Flora y fauna protegidas o en peligro de extinción. 16 de Mayo de 1994.

- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. SEMARNAP. 1998. Donde se especifica de acuerdo a criterios internacionales CITES las especies amenazadas y en peligro de extinción en el territorio Nacional. Viernes 29 de Mayo de 1998.
- Dojlido, J. Raniszewski, J. y J. Woyciechowska. 1994. **Water quality index-application for rivers in Vistula River Basin in Poland.** *WATER QUALITY INTERNATIONAL* 94. PART.10. WATER. QUALITY. MONITORING. LAKE MANAGEMENT. Vol. 30, No. 10 pp. 57-64
- Duchanfour, P. 1984. **Atlas ecológico de los suelos del Mundo.** Colección Ciencias.
- Esparza, H. L. D. 1996. **Caracterización fisicoquímica y bacteriológica del Río Santiago de Ocotlán, Jal. A Santiago Ixcuintla, Nay en el periodo de 1992 a 1994.** Tesis Lic. Biología. UNAM ENEP Iztacala. 85pp.
- Flores, V. F. J.; F. González F.; O. Ramírez F.; F. Amezcua L.; A. Yáñez A.; M. Alvarez R, y J. Day W. 1990. **Mangrove Ecology, Aquatic Primary Productivity and Fish Community Dynamics in the Teacapan- Agua Brava Lagoon-Estuarine System (Mexican Pacific).** *Estuaries* 13 (2) :219-230.
- García, E. 1988. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.** (para adaptarlo las condiciones de la República Mexicana). 3ªed. Geogr. UNAM. México. 252p.
- García, E y R. Trejo. 1990. **Climatología de satélite aplicada al estudio de la precipitación en México.** Memorias del XII Congreso Nacional de Geografía. Tomo I Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, 19-24 marzo Tepic, Nayarit.
- Gómez, A. S. 1977. **Plan SRH Resultados finales de hidrología y fauna ictiológica en el Sistema Tacapan-Agua Brava.** *Res. III. Simp. Latinoamer. Oceanogr. Biol.* (Octubre 1970- Junio 1971).
- Hamer, A. D y P, D, Soulsby 1980. **An approach to chemical and biological river monitoring systems.** (Institute of water Pollutions control central southern Branch meeting Feb 22, 1979). *Institute of water Pollutions Control* 79(1):56-69.
- Hammer, M. J y G. L. Mackinchan. 1981. **Hydrology and quality of water resources.** Ed, Wiley. New York. 486pp.
- Hope, D.; M. F. Billet y M. S. Cresser. 1994. **A review of the export of carbon in river water: fluxes and processes.** *Environmental Pollutions*, 84:301-324.
- Hutchinson, G. E, 1967. **A treatise on Limnology.** Volume. II. Ed. John Wiley & Sons. New york. pp. 645-695, 1115.
- Hutchinson M. S. y J. W. Ridway. 1975. **Microbial aspect of drinking water supplies.** In. Skinner. F. A., J. M. Sherman (eds) *Aquatic Microbiology* The Society for applied Bacteriology Symposium Series No. 6: 176-218.
- INE, Instituto Nacional de Ecología, 1994. **Normas Oficiales Mexicanas.** SARH. México, 10 de Junio de 1994. pp. 7-9.
- INE, SEMARNAP, 1997. **Programa de conservación de la vida Silvestre y Diversificación productiva en el sector rural.** pp28.

- INEGI, 1981. Cartas de topografía, Hidrología superficial y subterránea, edafología, clima, relieve, geología, usos de suelos y vegetación. Escalas 1:1'000 000, 1:250 000 y 1:50 000.
- INEGI, 1983. **Atlas Regional del Medio Físico.**
- INEGI, 1993. Guías para la interpretación de cartográfica, geológica y vegetación.
- INEGI y Gobierno del estado de Nayarit 1994. **Anuario Estadístico del Estado de Nayarit.** 308pp
- INEGI y Gobierno del estado de Nayarit 1995. **Anuario Estadístico del Estado de Nayarit. Acaponeta.** Cuaderno de Información Básica para la planeación Municipal 74pp.
- INEGI y Gobierno del estado de Nayarit 1995a. **Anuario Estadístico del Estado de Nayarit. Tecuala.** Cuaderno Estadístico Municipal. 123pp.
- INEGI. 1998. **Nayarit.** Espacio mapa del Estado de Nayarit. Escala 1:400 000
- Inglis, A. y E. L. Davis. 1972. **Effects of water hardness on the toxicity of several organic and inorganic herbicides to fish.** U.S. Fish. Wild. Serv. Tech. Pap. No. 67, Department of the interior, Washington. D.C.
- León, V. 1991. **"Índice de Calidad de Agua."** Subcoordinación de Hidráulica. Coord. Tecnologías de sistemas Hidráulicos. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Informe Técnico No.SH-9101/01. México. 36pp.
- Lind, O. T. 1985. **Rivers. Formas y procesos en los canales aluviales.** The C. V. Mosby Company. Massachusett. 264 pp.
- Maitland, P. S. 1990. **Biology of fresh Water.** 2ªed. Edmondsbury Press Ltd Great Britain 276pp.
- Manly, F. J. B. 1994. **Multivariate Statistical Methods A PRIMER.** St. Edmondsbury Press Ltd. Great Britain. 159pp
- Mason, C. F. 1991. **Biología de la Contaminación del agua.** Alhambra. España. 289pp.
- Margalef, R. 1994. **Limnology New-A Paradigm of planetary problems..** Wiley&Sons. New York. 553pp.
- Mitchell, M. K. y W. B. Stap. 1995. **Field Manual for Water Quality Monitoting. An Environmental Education Program for Schools.** 9ªEd. Thomson-Shore, Inc. Denver. 272 pp.
- Mora, D. y S. Cairncross. 1990. **Directrices para el uso sin riesgo de aguas residuales y excretas en Agricultura y Acuicultura.** OMS. Ginebra.
- Morales, B. A. R. y D. Arce. 1993. **"Variaciones Anómalas en la Estructura Oceano gráfica del Pacífico Central Mexicano".** En V Congreso Latinoamericano de ciencias del Mar. UABS. 27 de Sept al 1 oct. 1993. LA Paz B. C. S. México.
- Murphy, J. y J. P. Riley. 1962. **A modifield single solution method for determination of phosphate in Natural water.** *Analyt. Chem. Acta.* 27, 31pp.
- Nemerow, N. L. 1995. **STREAM, LAKE, ESTUARY, AND OCEAN POLLUTION.** 2ªEd. Environmental Engineering Series Van Rostrand Reinhold. New York. pp.53-54, 78-92 y 142-147.

- Núñez, E. O. 1972. **Hidrología del sistema Teacapan- Agua Brava, en la planicie costera de los Estados de Sinaloa Nayarit, México.** Tesis Profesional. Escuela de Biología. Univ. Autonm. Edo. Mor. 38pp.
- Núñez, E. O. 1978. **Cultivo ostrícola en sistemas estuarinos del estado de Nayarit.** III Fluctuaciones hidrológicas. *Res. VI Cong. Nal. Ocenog.* 34pp.
- Odum, P. E. 1997. **Ecology: a Bridge between science and society.** Sinaver Associates Inc. Sunderland, Massachusetts. 331pp.
- Ordoñez, E. 1936. **Principal physiographic of Mexico.** *Am. Assoc. Petroleum Geologists. Bull.*, V. 20 No.10 p 1277-1307.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 1977. **Vigilancia de la calidad del agua potable.** Ginebra 1977 (Serie Monografías, N°63)
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 1995. **Guías para la calidad del agua potable.** Volumen 1. Recomendaciones Agua Potable- normas 2° Ed. Ginebra. 195 pp.
- PEAEN. 1993-1994. **Programa Estatal de Acuacultura del Estado de Nayarit.** SEPESCA. México.
- Pérez, J. 1965. **Estudio Económico –Minero del Estado de Nayarit.** Tesis de Lic Economía. Fac. de Filosofía . UNAM. 274pp.
- Raiswell, R. W.; P. Brimblecombe; D. L. Dent y P. S. Liss. 1983. **"Química Ambiental"**. Ed. Omega, S.A. España. 209pp.
- Reynolds, B.; S. J. Ormerod y A. S. Gee. 1994. **Spatial patterns in stream nitrate concentrations in upland wales in relation to catchment forest cover and forest age.** *Environmental Pollutions.* 84, pp.27-33.
- Rodier, J. 1990. **Análisis de las aguas, aguas naturales, aguas residuales y de mar.** 7ª Ed. Omega. España. pp 803-906.
- Rollet, B. 1974. **Ecología y reforestación de los manglares en México.** FAO. Programa de Investigación y fomento pesquero. México. FI:SF/Méx. 15. Informe técnico 6. 126pp.
- Roque, T. M. G. 1993. **Análisis para determinar la calidad bacteriológica del agua utilizando el método de filtro de membrana.** Tesis. Ing. Bioquímico en Alimentos. Instituto de Celaya. Celaya. México
- Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México.** Limusa, México.
- Sánchez, M. 1971. **Geografía de México.** Trillas. México. pp 77-97.
- S.A.R.H., 1976. **Región Hidrológica No.11. Río Presidio a San Pedro.** Boletín Hidrológico 30. Tomos I-II.
- S.A.R.H., 1978. **Estudio y medición de la Contaminación del agua producida por aguas de retorno agrícola.** Memoria. Dirección General del Uso de Agua y Prevención de la Contaminación. Dirección de Prevención de la Contaminación. México.
- S.A.R.H., 1980. **Atlas del uso de suelo.** Dirección general de planificación y ordenamiento del territorio. México.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- S.A.R.H., 1981. **Plan Nacional Hidráulico 1981**. Anexo 4. Balances. Hidráulicos Regionales. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Compendio Plan Nacional Hidráulico.
- S.A.R.H., 1982 y 1994. Registros climáticos. Dirección de Hidrología. Departamento de cálculos hidrológicos y climáticos. México.
- S.A.R.H., 1986. **Reporte Técnico de la Infraestructura hidroagícola del proyecto de cultivo tecnificado del distrito de riego Acaponeta-Cañas. Nayarit**. México.
- Sawyer, C. N.; P. L. McCarty y G. F. Parking. 1994. **Chemistry for Environmental**. Engineering 4ªed. USA.
- Sayre, I. M. 1988. **International Standards for drinking water**. *J. Am. Water Works Assoc.* V. 80. No1.
- Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. 1994. Monografía Geológica Minera del Estado de Nayarit. Consejo de Recursos Mineros. México.
- SEMARNAP, SEPESCA, FAO. 1995. Estudio piloto para un plan de desarrollo acuicola en el sistema Lagunar de Teacapan –Agua Brava, Nay.. Marzo 1995 México. Proyecto UTF/Méx. Modernización del sector pesquero.
- SEPESCA. 1990. Anuario estadístico de Pesca LEC. Dirección general de Pesquerías, México.
- Stoker, H. S. y S. I. Seager. 1981. **Química ambiental: Contaminación del aire y del agua**. Blume. Barcelona. 320pp.
- Sutton, B. D y D. N. Harman. 1986. **Fundamentos de Ecología**. Ed. Limusa. México. 265pp.
- Tebbutt. T. H. Y. 1990. **Fundamentos de control de la calidad del agua**. Ed Limusa. México 239p.
- Tirado, J. C. 1976. **Contribución de información ecológica para el conocimiento del sistema lagunar Agua Brava**. II Simposium sobre oceanografía Biológica. 20-24 de noviembre 1975. Univ. De Oriente Camaetia. Venezuela. Resúmenes 42.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1984. **National Statistical Assessment of Rural Conditions**. Executive summary. Office of drinking water
- U.S. Geological Survey. 1996. **Hydrology. Primer; The study of water and water problems a challenge for today and tomorrow**. A publication of the Universities Council on water Resours. 1-5.
- Yañez, A. A y R. S. Nugent. 1978. **Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efimeras del Pacífico, Mexicano**. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Publicaciones Especiales. 2: pp.1-306.
- Winkler, M. 1990. **Tratamiento biológico de aguas residuales**. Ed Limusa. México 338pp.
- Wetzel, R. G.1991. **Limnological analyses**. 2ªEd. Saunders. New York. 391pp.
- World Health Organization, 1984. **Guidelines for Drinking-water quality**. Vol. 1.